KARYA TERPILIH
LIPI
PROGRAM AKUISISI
PENGETAHUAN LOKAL
2021
TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

PEDOMAN INVENTARISASI BIOTA KARST DAN GUA

Yayuk R. Suhardjono, Hari Nugroho,
Cahyo Rahmadi, & Conni M. Sidabalok

PEDOMAN INVENTARISASI BIOTA KARST DAN GUA

PEDOMAN INVENTARISASI BIOTA KARST DAN GUA

Yayuk R. Suhardjono, Hari Nugroho,
Cahyo Rahmadi, & Conni M. Sidabalok

LIPI Press

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pedoman Inventarisasi Biota Karst dan Gua/Yayuk R. Suhardjono, Hari Nugroho, Cahyo Rahmadi, & Conni M. Sidabalok–Jakarta: LIPI Press, 2021.

xxiv hlm. + 338 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-602-496-273-9 (*e-book*)

1. Biota 2. Karst dan Gua

577.584

Copy editor : Arneta Iftita Pramadhani dan Sonny Heru Kusuma
Proofreader : Sarwendah Puspita Dewi dan Noviastuti Putri Indrasari
Penata isi : Rahma Hilma Taslima dan Landi Achmad
Desainer sampul : Dhevi E.I.R. Mahelingga

Cetakan pertama : November 2021

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp.: (021) 573 3465
e-mail: press@mail.lipi.go.id
website: lipipress.lipi.go.id
 LIPI Press
 @lipi_press
lipi.press

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Tahun 2021 Balai Media dan Reproduksi (LIPI Press), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Buku ini dipersembahkan untuk mengenang almarhumah
Dr. Renny Kurnia Hadiaty
atas dedikasinya dalam
pengungkapan keanekaragaman jenis ikan di kawasan karst
Indonesia

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

Pengantar Penerbit

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press mempunyai tanggung jawab untuk terus berupaya menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas LIPI Press untuk turut serta membangun sumber daya manusia unggul dan mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Melalui terbitan berjudul *Pedoman Inventarisasi Biota Karst dan Gua*, LIPI melalui salah satu satuan kerjanya, Pusat Penelitian Biologi, berkontribusi untuk mengungkap keanekaragaman hayati yang berada di kawasan karst yang selama ini belum banyak tergali. Ini penting dilakukan mengingat kawasan karst masuk ke dalam kelompok ekosistem esensial karena kawasan ini dianggap penting dan memerlukan perhatian.

Ditulis oleh pakar dalam bidang taksonomi yang ingin berbagi pengetahuan perihal cara koleksi yang baku, buku ini layak dijadikan pedoman dalam melakukan *sampling* dan koleksi untuk masing-masing kelompok takson. Buku ini ditulis tidak berdasarkan tipe ekosistem, tetapi berdasarkan taksonnya sehingga buku ini diharapkan dapat membantu para pemerhati keanekaragaman hayati. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

Kata Pengantar

Karst merupakan bentang alam yang terbentuk dari pelarutan batuan karbonat dan dolomit dalam rentang waktu ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu. Indonesia memiliki kawasan karst sekitar 15,4 juta hektare yang tersebar hampir merata pada semua pulau besar maupun kepulauan kecil. Batuan karbonat yang bersifat *porous* (mudah melewatkan air) menjadikan karst sebagai sumber air baku.

Kawasan ekosistem karst, menurut PP Nomor 28 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam, termasuk dalam salah satu tipe kawasan ekosistem esensial. Definisi dari kawasan ekosistem esensial adalah kawasan atau hamparan ekosistem penting yang memiliki nilai kehati tinggi di luar kawasan konservasi yang secara ekologis, sosial-ekonomi, dan budaya penting bagi tujuan konservasi hayati.

Studi geologi kawasan karst telah banyak dilakukan di Indonesia, tetapi studi keanekaragaman hayati yang hidup di dalamnya masih belum banyak dilakukan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia melalui Pusat Penelitian Biologi sejak tahun 2001 merupakan pelopor dalam pengungkapan keanekaragaman hayati karst. Hasil penelitian mengenai pengungkapan keanekaragaman hayati karst ini telah muncul dalam sejumlah publikasi. Beberapa di antaranya adalah prosiding *Workshop Ekosistem Karst Yogyakarta* (2011), buku *Fauna*

Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan (2012) dan buku *Sejarah Alam Gunung Sewu* (2018).

Buku *Pedoman Inventarisasi Biota Karst & Gua* ini disusun untuk melanjutkan tradisi Pusat Penelitian Biologi sebagai yang terdepan dalam pengungkapan keanekaragaman hayati karst di Indonesia. Semakin masifnya eksploitasi karst untuk kepentingan industri lambat laun akan berdampak negatif dan berpotensi pada kehilangan keanekaragaman hayati di kawasan karst. Konsekuensi lain adalah fungsi ekologi dan *ecosystem service* keanekaragaman hayati karst akan terdegradasi. Valuasi keanekaragaman hayati karst perlu dikampanyekan secara aktif ke masyarakat umum guna mencegah semakin meluasnya kerusakan kawasan karst.

Salah satu langkah awal dalam pengungkapan valuasi keanekaragaman hayati karst adalah dengan melakukan inventarisasi keanekaragaman hayati karst (flora, fauna, dan mikrob). Dalam buku ini akan dijelaskan metode dalam melakukan survei serta inventarisasi keanekaragaman hayati karst dari para ahli biologi yang kompeten dan berpengalaman di bidangnya masing-masing. Metode, alat, dan bahan yang dipakai dibuat sederhana, namun tetap sesuai standar ilmiah yang berlaku sehingga diharapkan mudah untuk dipahami oleh masyarakat umum, mahasiswa, dosen, penggiat konservasi, dan mereka yang tertarik untuk mempelajari keanekaragaman hayati Indonesia.

Penghargaan dan ucapan selamat saya sampaikan kepada tim penulis buku ini yang telah berdedikasi dan bekerja keras hingga selesainya penyusunan buku ini.

Cibinong, November 2021

Dr. Anang Setiawan Achmadi, S.KH., M.Sc.
Kepala Kantor Pusat Riset Biologi
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Prakata

Kawasan karst masuk ke dalam kelompok ekosistem esensial karena kawasan ini dianggap penting dan memerlukan perhatian. Dalam mengelola suatu kawasan agar dapat dimanfaatkan secara lestari, penanganannya tidak hanya menyangkut aspek fisik lingkungan, tetapi juga biologisnya. Hal itu dikarenakan ekosistem merupakan satu kesatuan yang saling berkaitan antara lingkungan dan biota penghuninya. Oleh karena itu, diperlukan pengungkapan kekayaan keanekaragaman hayati di kawasan yang dikelola sehingga diperlukan pula upaya inventarisasi.

Ekosistem karst memiliki keanekaragaman hayati (flora, fauna, mikrob) yang cukup tinggi. Untuk dapat mengenal jenisnya, diperlukan upaya koleksi spesimen (inventarisasi) untuk diidentifikasi. Dengan demikian, diperlukan pengetahuan tentang cara koleksi dan penanganan spesimen dari masing-masing kelompok takson. Setiap kelompok takson memiliki cara koleksi, *sampling*, dan penanganan spesimen yang berbeda. Agar upaya koleksi spesimen yang sudah susah payah dilakukan tidak sia-sia (spesimen rusak, busuk, atau hancur), diperlukan buku pedoman baku yang dapat diacu dan digunakan

oleh siapa saja yang melakukan inventarisasi biota di manapun lokasi koleksi dilakukan.

Para penulis buku ini adalah pakar dalam bidang takson masing-masing yang ingin berbagi pengetahuan perihal cara koleksi yang baku. Dalam perjalanan kariernya, para penulis sering diminta bantuan untuk identifikasi spesimen hasil survei. Sayangnya, spesimen yang diterima tidak jarang dalam kondisi rusak (misal bulu rontok, kulit robek), busuk, dan organ tubuh (seperti tungkai dan antena) tidak lengkap. Kondisi spesimen yang rusak tersebut sangatlah sulit untuk diidentifikasi, apalagi apabila organ-organ penting yang diperlukan untuk mengenalinya sudah hilang. Para pakar juga sering menerima spesimen yang tidak dilengkapi dengan label keterangan yang terkait dengan spesimennya seperti tanggal dan lokasi koleksi dilakukan, nama pelaku koleksi, serta koordinat lokasi. Label ini penting karena dapat menjadi informasi lokasi sebaran dan musim keberadaannya. Bilamana diperlukan informasi lebih lanjut, dapat ditelusuri kepada pelaku koleksinya.

Para pakar terinspirasi untuk menulis sebuah buku yang dapat dijadikan pedoman dalam melakukan koleksi dan *sampling* untuk masing-masing kelompok takson. Para penulis berusaha menuliskan metode secara sederhana, mudah dipahami dan diterapkan, serta diusahakan menggunakan bahan serta alat-alat yang mudah didapat. Walaupun demikian, hasil yang diperoleh baku dan dapat dipertang-gungjawabkan secara ilmiah. Di samping itu, hasil koleksi spesimen dapat diidentifikasi untuk dikenali nama ilmiahnya dan disimpan untuk jangka waktu panjang. Pada umumnya para pakar menolak untuk membantu identifikasi bilamana spesimen yang diterimanya rusak, busuk, dan tidak lengkap. Oleh karena itu, diperlukan kecer-matan dalam menangani spesimen hasil koleksi.

Para penulis berharap buku ini dapat membantu para pemerhati keanekaragaman hayati, tidak hanya mereka yang ada di kawasan karst, tetapi juga tipe-tipe ekosistem lainnya. Buku ini ditulis untuk cara baku koleksi spesimen biota, tidak berdasarkan tipe ekosistem, tetapi berdasarkan taksonnya. Para penulis hanya dapat menyarankan

bilamana para kolektor atau pelaku survei tidak memiliki tempat atau sarana penyimpanan koleksi, hendaknya spesimen yang diperoleh dapat diserahkan atau disumbangkan kepada lembaga yang berkompetensi dalam hal penyimpanan spesimen. Lembaga pemerintah yang sangat berkompetensi tersebut adalah Bidang Zoologi (Museum Zoologicum Bogoriense) untuk spesimen binatang, Bidang Botani (Herbarium Bogoriense) untuk spesimen tumbuhan, dan Bidang Mikrobiologi (Indonesian Culture Collection = InaCC) untuk spesimen mikrob. Ketiga lembaga tersebut bernaung di bawah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang berada di Kawasan Cibinong Science Center-Botanical Garden di Jalan Raya Bogor km. 46, Cibinong.

Tim penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ilham Vemandra Utama yang telah menyempurnakan penyajian Bab 7 yang adalah buah karya Almarhumah Renny Kurnia Hadiaty. Ungkapan terima kasih mendalam juga disampaikan kepada Awal Riyanto yang telah menyumbangkan foto-fotonya untuk sampul depan dan belakang buku ini.

Tim Penulis

BAB 1

Kawasan Karst Indonesia: Nilai Penting dan Potensi Biota

Yayuk R. Suhardjono, Hari Nugroho, Cahyo Rahmadi, & Conni M. Sidabalok

Berdasarkan catatan yang tersedia, Indonesia memiliki kawasan karst yang cukup luas, yaitu sekitar 154.000 km^2 (Surono dkk., 1999). Namun, tidak semuanya dapat dipertahankan keutuhannya. Beberapa kawasan sudah dimanfaatkan, bahkan sudah ada yang rusak. Padahal kerusakan karst merupakan suatu hal yang tidak dapat diperbaharui lagi. Karst merupakan kawasan yang memiliki ekosistem unik, berbeda dengan tipe habitat yang lain. Kawasan karst ada yang hanya memiliki lapisan tanah tipis dan minim air permukaan (Samodra, 2001) seperti karst di Jawa, Kalimantan, dan Papua pada umumnya, tetapi sebaliknya di Maros dapat dijumpai karst dengan lapisan tanah tebal di atasnya (Suhardjono dkk., 2012). Sebelum melakukan penelitian biota di kawasan karst, sebaiknya para peneliti memahami lebih dahulu karakter-karakter ekosistemnya. Pemahaman tentang lanskap, kontur, peta sebaran mulut gua, peta gua, kondisi gua vertikal dan gua horizontal, sungai permukaan, serta sungai bawah permukaan merupakan hal yang penting sehingga persiapan peralatan dapat maksimal. Bekerja di kawasan karst apalagi berada di dalam gua adalah pekerjaan yang penuh risiko, oleh karena itu faktor keselamatan perlu diperhatikan.

A. Karakteristik Kawasan Karst

Bentang alam karst merupakan kawasan dengan karakteristik khas yang dicirikan oleh pengaruh pelarutan batuan gamping oleh air atau biasa disebut sebagai proses karstifikasi. Proses karstifikasi menyebabkan terjadinya bentukan morfologi permukaan (eksokarst) dan bawah permukaan bumi (endokarst) (Rahmadi dkk., 2018; Samodra, 2001 dalam Rahmadi dkk., 2018). Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 28 tahun 2011, kawasan karst merupakan salah satu "kawasan ekosistem esensial" yang memiliki nilai keanekaragaman hayati tinggi. Kawasan ekosistem esensial merupakan kawasan di luar Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA) yang secara ekologi, sosial, ekonomi, dan budaya bernilai penting bagi konservasi keanekaragaman hayati.

Ekosistem karst mempunyai kekhasan, baik secara fisik, kimia, maupun biologi. Secara fisik, setiap kawasan karst memiliki lanskap yang berbeda satu dengan yang lainnya. Sebagai contohnya, bentang alam karst Gunungsewu berbeda dengan Maros, Sangkulirang, Papua, dan yang lainnya. Mungkin bagi orang awam semua gunung karst adalah sama, tetapi bagi para pakar geologi setiap kawasan karst mempunyai kondisi yang berbeda. Selain bentuk lanskap, ketebalan tanah yang melapisi di atas permukaannya juga berbeda. Setiap kawasan karst memiliki kekhasan jenis batuannya. Batuan-batuan tersebut memiliki kandungan kimia yang berbeda. Oleh karena itu, tidak heran bila penghuni kawasan karst juga khas dibandingkan ekosistem lainnya. Keunikan karakter ekosistem karst tersebut menjadi salah satu sebab kekhasan biota penghuninya, baik flora, fauna, maupun mikrob. Biota yang hidup pada ekosistem karst hanyalah jenis-jenis yang mampu beradaptasi dengan keistimewaan dan keunikan kondisi alam yang ada.

Keunikan kawasan karst adalah mempunyai bentang alam di permukaan bumi dan lorong-lorong alami dalam perut bumi, baik yang vertikal maupun horizontal. Lorong-lorong di dalam perut bumi kawasan karst dikenal sebagai gua, yang tidak jarang merupakan tandon raksasa air alami. Sumber daya air yang ada di bawah

permukaan kawasan karst ini biasanya menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat di sekitarnya. Bahkan sekitar 15% penduduk dunia menggantungkan sumber air dari kawasan karst (Vermulen & Whitten, 1999). Dengan fakta keistimewaan fisiknya tersebut maka keadaan kawasan karst memerlukan perhatian dan pelestarian kita semua.

B. Biota Karst

Gua merupakan ekosistem yang sangat khas, bersifat tertutup, dan memiliki relung habitat (*niche*) spesifik seperti zona gelap total, zona remang-remang, sungai dan danau bawah tanah, kolam perkolasi, tumpukan kotoran kelelawar (*guano*), dan sebagainya. Beragam *niche* yang terdapat di dalam ekosistem gua merupakan tempat hidup bagi kelompok biota yang telah teradaptasi dengan lingkungan yang ekstrem ini, dan sering kali tidak dapat ditemukan di luar lingkungan gua. Keunikan dan keanekaragaman biota penghuni gua tersebut mempunyai nilai penting dalam dunia ilmu pengetahuan. Namun di sisi lain, keanekaragaman biota karst Indonesia belum banyak diungkapkan, padahal laju kerusakan ekosistem karst lebih cepat bila dibandingkan pengungkapan informasi tentang keanekaragaman hayati yang terkandung di kawasan tersebut. Laporan tentang keanekaragaman fauna karst yang pernah diinformasikan baru dari kawasan Maros, seperti keanekaragaman kelelawar (Suyanto & Wiantoro, 2012), tikus dan celurut (Ahmadi dkk., 2012), ikan (Hadiaty, 2012), moluska (Marwoto & Isnaningsih, 2012), cacing tanah (Nugroho, 2012), Krustasea (Wowor & Rahmadi, 2012), Artropoda gua (Rahmadi, 2012), lalat haji (Lupiyanindyah, 2012), dan ekorpegas (Suhardjono, 2012).

Terdapat pula laporan dari kawasan lain, yaitu karst Nusakambangan (Rahmadi & Suhardjono, 2007) tentang artropoda gua dan kawasan karst di Kalimantan seperti Sangkulirang (Salas dkk., 2005) dan Muller (Suhardjono & Rahmadi, 2005). Penelitian khusus tentang jenis-jenis Amblypygi juga pernah dilaporkan dari Jawa (Rahmadi & Harvey, 2008), Papua (Rahmadi & Kojima, 2010),

dan Borneo (Rahmadi dkk., 2010). Sedangkan keanekaragaman jenis flora yang pernah dilaporkan dari kawasan karst seperti dari Karst Maros-Pangkep (Ahmad, 2011), Gunung Sewu (Hadisusanto, 2012), Nusakambangan (Partomihardjo & Prawiroatmodjo, 2001; Partomihardjo dan Prawiroatmodjo, 2003), Gombong Selatan (Riswan dkk., 2006), dan khusus tentang jenis-jenis *Ficus* dari Maros dalam kaitannya dengan jenis-jenis tawon yang hidup di dalam buah *Ficus* (Rasplus, 2007). Dari catatan yang ada, terlihat bahwa informasi tentang keanekaragaman hayati biota karst masih sangat terbatas dibandingkan luasan kawasan yang ada di Indonesia.

Sampai saat ini informasi tentang mikroorganisme karst Indonesia masih sangat sedikit. Padahal sangat besar kemungkinannya bahwa di dalam ekosistem gua terkandung mikrob yang berpotensi ekonomi besar. Kemungkinan tersebut sangat besar mengingat mikrob yang ada dapat bertahan hidup pada kondisi ekosistem gua yang "khas". Lumpur gua yang memiliki tekstur butiran sangat halus, lembut, dan lengket mungkin menjadi habitat mikrob yang bernilai ekonomi tinggi. Oleh karena itu, masih sangat diperlukan penelitian-penelitian untuk mengungkapkan mikrob gua di Indonesia agar pendayagunaan secara lestari dapat lebih optimal.

Peran biota penghuni karst belum sepenuhnya dimengerti dan dipahami oleh masyarakat. Sebagai contoh, selain nilai ekonomi sarangnya yang mahal, kehadiran burung walet di dalam ekosistem karst juga bermanfaat dalam pengendalian hama pertanian terutama wereng yang menjadi hama utama padi. Kelelawar juga tidak kalah berjasa dalam lingkungan ekosistem karst. Ada dua kelompok kelelawar, yaitu pemakan buah dan pemakan serangga. Kelelawar pemakan serangga memiliki peran mirip dengan burung walet, dapat membantu mengendalikan populasi serangga hama. Sementara itu, kelelawar pemakan buah dikenal sebagai penyerbuk bunga yang aktif di malam hari ketika bunga mekar, seperti bunga durian (Suyanto & Wiantoro, 2012). Fauna berukuran kecil, di antaranya *Collembola*, yang hidup di dalam gua pun memiliki peran yang tidak kalah penting di dalam ekosistem. Fauna penghuni gua ini, selain memegang peran

dalam perombakan bahan organik, juga dapat menjadi indikator sistem perairan bawah tanah, serta dapat menjadi acuan untuk mempelajari sejarah, arkeologi, dan evolusi yang terjadi di kawasan karst.

Mengingat keunikan, endemisitas, dan peran penting biota gua, maka perlu kiranya dipikirkan bagaimana upaya untuk melestarikan keberadaan mereka. Upaya konservasi sebaiknya dilakukan dalam skala bentang alam karst untuk menjamin keberlangsungan interaksi antara biota dengan tempat hidupnya. Sebagai langkah awal untuk melestarikan biota karst, diperlukan pengenalan jenis dan keanekaragaman hayati yang ada sehingga peran dan jasa mereka dalam ekosistem dapat didayagunakan. Tanpa mengenal jenisnya, kita akan sulit untuk mempelajari perilaku, sifat hidup, habitat, dan sifat-sifat biologi lainnya. Oleh karena itu, diperlukan semacam buku panduan untuk melakukan inventarisasi biota yang terdapat pada kawasan karst.

C. Konsistensi Cara Koleksi

Perlu diketahui oleh para pelaksana koleksi spesimen fauna maupun flora agar selalu konsisten dalam menerapkan cara koleksi yang sama di mana pun berada. Konsistensi yang perlu diterapkan, misalnya saja adalah berapa jumlah dan lama periode waktu perangkap yang dipasang dalam satu kali kegiatan pada satu macam tipe habitat. Apakah perangkap dipasang secara acak atau dalam satu metode tertentu, misalnya mengikuti jalur pergerakan binatang atau jalan setapak. Bilamana menggunakan petak, berapa ukuran petak yang selalu diterapkan, sedangkan penggunaan garis transek juga harus konsisten berapa panjangnya. Berapa jumlah petak dalam setiap lokasi atau berapa perangkap terpasang pada setiap transek/petak dan seterusnya. Konsistensi cara koleksi ini diperlukan agar hasil yang diperoleh selama kegiatan dapat dibandingkan antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Meskipun hanya mengumpulkan jumlah individu spesimen, dalam luasan tertentu jumlah individu dapat menjadi data populasi. Dengan demikian perbandingan data dari

lokasi yang berbeda dapat dilakukan. Konsistensi cara koleksi ini juga perlu diterapkan untuk semua kelompok takson, tidak hanya yang berukuran besar seperti burung, kelelawar, dan ikan, tetapi juga yang berukuran kecil seperti serangga, ekorpegas, labah-labah, dan udang.

Spesimen hasil koleksi perlu diidentifikasi untuk mengetahui nama jenisnya. Petunjuk atau buku acuan identifikasi masing-masing kelompok takson berbeda. Masing-masing subfilum (misalnya *Krustasea*), kelas (misalnya Mamalia, Burung, Ikan, Serangga, *Arachnida*), bangsa, suku, biasanya menggunakan banyak buku acuan untuk identifikasi sampai pada tingkat jenis. Oleh karena itu, di dalam buku ini tidak dibahas cara dan kunci identifikasi fauna dan flora yang dikoleksi. Nama-nama ilmiah yang ada dalam buku ini hanya nama praktis yang dapat digunakan di lapangan bukan nama-nama yang tertulis untuk tujuan studi taksonomi. Pembaca harus melakukan pencarian lebih lanjut bahan acuan buku untuk identifikasi spesimen yang diperoleh. Salah satu cara termudah untuk melakukan identifikasi adalah dengan membandingkan spesimen yang diperoleh dengan spesimen yang terdapat dalam koleksi spesimen acuan di Museum Zoologi Bogor, Bidang Zoologi untuk identifikasi fauna dan di Herbarium Bogoriense untuk flora. Kedua instansi tersebut berada di bawah naungan Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong.

Buku yang berjudul *Pedoman Inventarisasi Biota Karst dan Gua* ini menghantarkan pembacanya untuk belajar cara koleksi setiap takson dari fauna dan flora yang diperkirakan dapat dijumpai di kawasan karst di Indonesia. Setiap kelompok takson, terutama fauna memiliki cara koleksi yang khas, meskipun pada satu kelompok takson tidak jarang dapat diterapkan beberapa metode untuk memperoleh jumlah maupun keanekaragaman jenis spesimen yang optimal. Pembakuan cara koleksi/pengumpulan biota perlu dibuat agar diperoleh spesimen yang standar, memenuhi syarat untuk dijadikan koleksi acuan. Koleksi spesimen yang tidak standar tidak akan banyak gunanya, bahkan mungkin hanya akan menjadi sampah karena spesimen rusak (tidak lengkap bagian tubuhnya, membusuk) atau tidak dilengkapi data/informasi yang dibutuhkan untuk studi lebih lanjut. Di samping cara

koleksi, cara pengemasan spesimen untuk dikirim atau dibawa dari lapangan ke laboratorium atau selama transportasi juga diungkapkan. Cara penanganan spesimen dari lapangan dan pengemasan selama transportasi yang buruk akan menentukan kualitas koleksi. Tidak jarang para pelaksana inventarisasi atau eksplorasi mendapatkan spesimen yang buruk ketika sampai di laboratorium akibat penanganan selama di lapangan dan pengemasan untuk transportasi tidak baku. Kesalahan yang fatal ini pada umumnya kurang disadari oleh para pelaku eksplorasi dan inventarisasi biota.

Ketika melakukan koleksi di lapangan, setiap spesimen yang dikumpulkan harus dilengkapi dengan label. Informasi atau data yang tertera pada label haruslah lengkap dan awet tersimpan dari lapangan sampai di laboratorium. Label yang diperlukan paling tidak memuat data tentang lokasi tempat koleksi (nama pulau, provinsi, kabupaten, kecamatan, desa), akan sangat bagus bilamana data lokasi dilengkapi dengan data koordinatnya. Selain data lokasi, diperlukan pula informasi tanggal dilakukannya koleksi serta nama pengumpul atau kolektornya. Tidak jarang pada label ini juga dicantumkan metode/cara serta waktu koleksi dan tipe habitat.

Selain cara koleksi, metode *sampling* yang digunakan juga harus jelas. Sangat disarankan agar dalam melakukan koleksi biota karst selalu menerapkan metode *sampling* dan cara koleksi yang konsisten. Dengan demikian, hasil koleksi dan data yang terkumpul dapat dianalisis dan dibandingkan antar lokasi. Metode *sampling* dan koleksi yang berbeda biasanya akan menghasilkan angka keanekaragaman dan populasi berbeda. Keanekaragaman takson tidak hanya menyebabkan beragamnya cara koleksi, tetapi juga dalam analisis populasi atau data ekologi lainnya. Sementara itu, analisis data dalam studi ekologi sangat bergantung pada cara dan waktu koleksi yang digunakan selama penelitian.

Di dalam buku ini, diuraikan beberapa metode *sampling* dan cara koleksi untuk setiap kelompok takson. Isi buku ini terutama dibatasi pada panduan cara baku dalam koleksi spesimen sehingga diperoleh spesimen berstandar baku, dan dari hasil koleksi diharapkan dapat

dikembangkan untuk analisis keperluan studi bidang lainnya. Metode/ analisis ekologi tidak dibahas dalam buku ini (kecuali untuk flora), oleh karena itu pembaca dapat menggunakan sumber acuan lain untuk melengkapi pemahaman tentang cara *sampling* dan analisisnya.

Dalam bidang flora atau tumbuhan, pada umumnya studi ekologi diterapkan ketika melakukan eksplorasi cara-cara sederhana, dengan demikian kondisi vegetasi yang disurvei dapat diketahui. Di dalam buku ini diungkapkan metode ekologi pada Bab 14 yang membahas tentang eksplorasi tumbuhan. Buku ini juga memuat cara-cara sederhana untuk mengetahui secara cepat vegetasi suatu kawasan termasuk karst, dengan demikian kondisi ekosistem yang diamati dapat diketahui. Meskipun demikian, dalam kegiatan eksplorasi contoh-contoh tumbuhan dikoleksi sebagai spesimen bukti dan juga untuk kepentingan identifikasi lebih lanjut. Tidak jarang para peneliti belum mengetahui pasti nama beberapa jenis atau hanya mengenal nama daerah tumbuhan yang dijumpai di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan spesimen bukti untuk melakukan identifikasi nama ilmiahnya karena nama daerah tidak dapat digunakan untuk analisis ilmiah.

Daftar Pustaka

Ahmad, A. (2011). *Rahasia ekosistem hutan bukit kapur*. Brilian Internasional.

Ahmadi, A. S., Suyanto, M., & Kurniasih. (2012). Tikus dan cecurut. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (77–87). LIPI Press.

Hadiaty, R. K. (2012). Ikan. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (89–113). LIPI Press.

Hadisusanto, S. (2012). Vegetasi kawasan Karst Gunungsewu. Dalam *Prosiding Workshop Ekosistem Karst*, Yogyakarta 18–19 Nov 2011. Diselenggarakan atas kerja sama LIPI, BKSDA Yogyakarta, dan Yayasan Kanopi Indonesia: 120–130.

Lupiyaningdyah, P. (2012). Lalat haji. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (215–226). LIPI Press.

Marwoto, R. M., & Isnaningsih, N. R. Moluska. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (115–148). LIPI Press.

Nugroho, H. (2012). Cacing tanah. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.) *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (149–163). LIPI Press.

Partomihardjo, T., & Prawiroatmodjo, S. (2001). *Komposisi jenis dan struktur hutan bukit kapur Pulau Nusakambangan, Cilacap, Jawa Tengah.* (Laporan Teknik 2001. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati). Puslit Biologi, LIPI: 2–8.

Partomihardjo, T., & Prawiroatmodjo, S. (2003). *Kajian vegetasi dan flora di lingkungan beberapa gua terrpilih di kawasan Nusakambangan.* (Laporan Teknik 2003. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati). Puslit Biologi, LIPI: 379–385.

Rahmadi, C., & Suhardjono, Y. R. (2007). Arthropoda gua di Nusakambangan Cilacap, Jawa Tengah. *Zoo Indonesia, 16*(1), 21–29. https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/zoo_indonesia/article/view/2378.

Rahmadi, C., & Harvey, M. S. (2008). A first epigean species of *Stygophrynus* Kraepelin (Amblypygi: Charontidae) from Java and adjacent Islands, Indonesia with notes on *S. dammermanii* Roewer, 1928. *Raffles Bulletin of Zoology 56*(2), 281–288. http://lipi.go.id/publikasi/a-first-epigean-species-of-stygophrynus-kraepelin-amblypygi-charontidae-from-java-and-adjacent-islands-indonesia-with-notes-on-s-dammermani-roewer-1928/5031.

Rahmadi, C., & Kojima, J. (2010). Whips spider of the genus *Sarax* in the Papuan Region, with description of two new species (Amblypygi: Charanidae). *Journal of Arachnology 38*(3), 475–484. http://lipi.go.id/publikasi/whip-spiders-of-the-genus-sarax-in-the-papuan-region-with-description-of-two-new-species-amblypygi-charinidae/4898.

Rahmadi, C., Harvey, M. S., & Kojima, J. (2010). Whips spider of genus *Sarax* Simon 1892 (Amblypygi: Charinidae) from Borneo Island. *Zootaxa 2612*, 1–21. http://lipi.go.id/publikasi/whip-spiders-of-the-genus-sarax-simon-1892-amblypygi-charinidae-from-borneo-island/4899.

Rahmadi, C. (2012). Arthropoda gua. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (191–214). LIPI Press.

Rahmadi, C., Wiantoro, S., & Nugroho, H. (2018). *Sejarah alam Gunungsewu*. LIPI Press.

Rasplus, J. Y. (2007). Figs and figs wasps. Dalam L. Deharveng. *Project report zoological investigation in the karst of South and Southeast Sulawesi*. 10 August–10 October 2007, 12–13.

Riswan, S., Noerdjito, M., & Ismail (2006). Vegetasi hutan karst: Kasus kawasan kast Gombong Selatan-Ayah, Kebumen, Jawa Tengah. Dalam I. Maryanto, M. Noerdjito & R. Ubaidillah (Ed.), *Manajemen bioregional: Karst, masalah dan pemecahannya, dilengkapi kasus Jabodetabek* (111–222). Puslit Biologi, LIPI.

Salas, L.A., Bedos, A., Deharveng, L., Fryer, S., Hadiaty, R. K., Heryanto, Munandar, Nardiyono, Noerdjito, M., Noerdjito, W., Rahmadi, C, Riyanto, A., Rofik, Ruskamdi, A., Struebig, M. J., Suhardjono, Y., Suyanto, A., Vermeulen, J. J., Walck, C., Wiriadinata, H., Meijaard, E., & Stanley, S. (2005). Biodiversity, endemism, and conservation of limestone Karst in the Sangkulirang Peninsula, Borneo. *Biodiversity, 6*(2), 15–23. http://lipi.go.id/publikasi/biodiversity-endemism-and-the-conservation-of-limestone-karsts-in-the-sangkulirang-peninsula-borneo/5220.

Samodra, H. (2001). *Nilai strategis kawasan kars di Indonesia: Pengelolaan dan perlindungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Badan Geologi Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral.

Suhardjono, Y. R., & Rahmadi, C. (2005). Studi speleology di Pegunungan Muller. *Makalah dalam Seminar Pegunungan Muller,* 15 Desember 2005. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor, LIPI.

Suhardjono, Y. R. (2012). Ekorpegas. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (227–246). LIPI Press.

Suhardjono, Y. R. (2012). Pendahuluan. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (1–11). LIPI Press.

Suhardjono, Y. R., Rahmadi, C., Nugroho, H., & Wiantoro, S. (2012). Karst dan gua. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (13–51). LIPI Press.

Surono, R., Sukamto, & Samodra, H. (1999). Batuan karbonat pembentuk morfologi karst di Indonesia. Dalam *Kumpulan makalah Lokakarya Kawasan Karst*, Jakarta 29–30 September 1999. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral.

Suyanto, A., & Wiantoro, S. (2012). Kelelawar. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (53–76). LIPI Press.

Vermulen, J., & Whitten, T. (1999). *Biodiversity and cultural property in the management of limestone resources*. The World Bank.

Wowor, D., & Rahmadi, C. (2012). Krustasea. Dalam Y. R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.) *Fauna Karst Maros, Sulawesi Selatan* (165–190). LIPI Press.

BAB 2
Inventarisasi Gua Kawasan Batugamping

A. B. Rodhial Falah

Pada umumnya gua dianggap sebagai lubang menakutkan di dalam perut bumi karena diduga tempat tinggal binatang buas, berbisa atau bahkan makhluk halus. Adanya mitos yang salah kaprah tersebut menyebabkan gua seringkali luput dari pengamatan. Padahal gua merupakan gudang ilmu pengetahuan yang belum banyak terungkap. Selain itu gua juga memiliki pesona keindahan yang tidak kalah dengan yang ada di atas bumi. Oleh karena itu, perihal gua ini perlu digali dan dikaji segala sesuatunya yang terkandung di dalamnya.

Bentukan gua merupakan fenomena penting yang menjadikan kawasan batuan karbonat memiliki fungsi lebih dari sekedar gundukan mineral batuan. Kehadiran gua menjadi ciri bahwa kawasan batuan karbonat telah mengalami proses kimia fisik lanjut dan menghasilkan bentukan unik dengan fungsi spesifik yang saling berpengaruh satu dan lainnya. Proses kimia fisik ini meliputi pelarutan, erosi, abrasi, sedimentasi, dan pelapukan batuan karbonat dalam skala ruang dan waktu geologi. Berbagai macam proses di atas lazim disebut sebagai proses karstifikasi sehingga kawasan batuan karbonat yang mengalami proses karstifikasi disebut sebagai “kawasan karst”.

Terminologi gua memiliki banyak definisi, Thornbury (1954) mendefinisikan "gua adalah saluran alami yang terbentuk di bawah tanah". *International Union of Speleology* (IUS) mendefinisikan bahwa "gua merupakan rongga alami di bawah tanah yang cukup dimasuki oleh manusia, yang sebagian atau seluruhnya dapat terisi endapan, air, atau es" (Fink, 1973 dalam Bögli, 1980). Definisi IUS ini dianggap tidak mewakili beberapa disiplin ilmu, misalnya dalam bidang geohidrologi, gua didefinisikan sebagai "rongga hasil pelarutan dengan diameter yang cukup memungkinkan terbentuknya aliran turbulen" (Ford & William, 2007). Diameter saluran yang memungkinkan terbentuknya aliran adalah 5–15 mm sehingga bagi cabang geohidrologi saluran bawah tanah alami dengan ukuran 5 mm sudah bisa dikategorikan sebagai gua.

Indonesia memiliki beragam istilah untuk menyebut objek gua. Masyarakat di wilayah Jawa Barat umumnya menyebut gua sebagai "*guha*", sedangkan di wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur bagian selatan, masyarakat menyebut gua yang memiliki lubang masuk horizontal dengan istilah "*guwo*" dan menggunakan istilah "*luweng*" untuk gua yang memiliki lubang masuk vertikal. Untuk gua yang tidak begitu dalam atau ceruk pada tebing (*rock shelter*), masyarakat di kawasan ini menggunakan istilah "*song*", sedangkan di Jawa Tengah bagian utara masyarakat menggunakan istilah "*jemblong*" pada gua dengan lubang masuk vertikal. Masyarakat di luar Pulau Jawa seperti Kalimantan, Sulawesi, dan Nusa Tenggara menggunakan istilah "*Leang*", "*Liang*", dan "*Diang*" untuk menyebut gua.

A. Klasifikasi Gua

1. Berdasarkan Proses Pembentukan

Gua sebenarnya tidak hanya dapat terbentuk di batuan karbonat, tetapi banyak jenis batuan lain yang memungkinkan adanya gua di dalamnya. Disamping itu, gua juga tidak hanya terbentuk oleh proses pelarutan batuan, namun juga melibatkan proses kimia-fisik lainnya seperti tektonik, erosi, dan abrasi. Menurut Bögli (1980) berdasarkan

proses pembentukannya gua diklasifikasikan menjadi dua, yaitu gua primer dan gua sekunder.

a) Gua Primer

Gua yang proses terbentuknya terjadi secara bersamaan dengan proses pembentukan batuan. Gua pada batuan vulkanik (batuan asal gunung api) contohnya adalah lorong lava (*lava tunnel*), sedangkan pada batuan sedimen biasanya terbentuk pada batuan tuf (*tuffa cave*) dan batukarang (*reef cave*).

b) Gua sekunder

Gua yang proses pembentukannya terjadi kemudian setelah pembentukan batuan. Gua jenis ini dibedakan lagi menjadi dua berdasarkan sumber energi pembentuknya, yaitu:

1) Gua eksogenik adalah gua yang terbentuk karena pengaruh faktor dari luar tubuh batuan tempat gua tersebut berada. Kelompok gua ini antara lain yang terbentuk karena hasil erosi dan pelapukan batuan (*rock shelter cave*); akibat erosi oleh angin pada batupasir (*wind cave*); yang terjadi akibat gerusan arus sungai (*river bank cave*); dan akibat gerusan ombak pada retakan-retakan vertikal batuan sehingga membentuk ceruk (*surf/wave cut cave/littoral cave*).
2) Gua endogenik adalah gua yang terbentuk karena faktor dari dalam batuan tempat gua tersebut berada. Indikatornya adalah pergerakan lempeng bumi (tektonik) dan proses korosi/pelarutan.

   Gua endogenik ini dapat dibedakan atas:

   a) Gua tektonik: Gua yang terbentuk akibat proses tektonik yang meregangkan batuan sehingga menimbulkan kekar tarik (*tension joint*). Biasanya proses pembentukan gua jenis ini diikuti oleh proses erosi dan pelarutan yang berkontribusi memperlebar dimensi retakan hingga menjadi lorong gua. Umumnya jenis gua ini banyak ditemukan di kawasan yang struktur geologinya didominasi perlipatan batuan. Gua jenis ini banyak ditemukan di Pegunungan Alpen

b) Gua celahan/*crack*: Gua yang terbentuk oleh proses pergerakan massa batuan. Meskipun sebagian besar proses ini dipicu oleh aktivitas tektonik, tetapi gua celahan dianggap memiliki karakteristik tersendiri. Biasanya proses ini melibatkan batuan yang dialasi oleh batuan yang bersifat plastis, salah satu contohnya adalah tergelincirnya sejumlah lapisan batugamping yang terendapkan di atas batuan napal (lempung karbonatan) sehingga menyebabkan terjadinya lorong gua.

c) Gua fosil dan gua aktif: Merupakan gua yang terbentuk karena proses korosi batuan yang mudah larut. Umumnya gua jenis ini dijumpai pada batuan karbonat seperti batugamping dan dolomit, tetapi gua karst dapat juga terjadi pada batuan evaporit seperti gipsum, anhidrit, dan halit (batugaram). Bahkan pada kasus khusus gua karst dapat terbentuk pada batuan kuarsit.

2. Berdasarkan Penyusun Batuan Gua

Bumi tersusun oleh berbagai macam batuan yang dikelompokkan berdasarkan proses asal mula jadinya menjadi: batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Ketiga jenis batuan tersebut sama-sama memiliki kemungkinan terbentuknya gua, tetapi yang umum dijumpai adalah gua yang terbentuk pada jenis batuan beku dan batuan sedimen. Berdasarkan penyusun batuannya gua dibedakan menjadi:

a. Gua kapur (*chalky cave)*: Gua yang terbentuk pada morfologi yang tersusun oleh batuan karbonat yang sangat lunak, gua jenis ini sangat jarang dijumpai, contoh di wilayah cekungan Persia.

b. Gua karbonat (*limestone/dolomit cave*): Gua yang terbentuk oleh proses pelarutan pada batuan karbonat. Merupakan jenis yang paling banyak dijumpai di dunia dan mampu berkembang hingga dimensi yang luar biasa besar.

c. Gua batupasir (*sandstone cave*): Gua yang tersusun oleh batupasir terjadi akibat proses erosi baik oleh media berupa air maupun

angin. Pada batupasir yang mengandung unsur karbonat, proses pelarutan juga mungkin berkontribusi pada pembentukan lorong gua.

d. Gua granit (*granite cave*): Gua yang tersusun oleh batuan granit yang mengalami perekahan akibat aktivitas tektonik atau pergerakan massa batuan.
e. Gua konglomerat (*konglomerat cave*): Gua yang terbentuk akibat pelarutan unsur-unsur karbonat yang menjadi massa dasar batuan konglomerat, biasanya diikuti oleh proses erosi.
f. Gua es (*glacier cave*): Gua yang terbentuk pada lingkungan es.

3. Berdasarkan Ukuran

Ukuran dimensi gua merupakan hal yang sangat penting bagi penelitian ilmiah, karena setiap tahap pada proses pembentukannya memiliki faktor pengontrol yang berbeda-beda. Pada satu tahap gua barangkali hanya dipengaruhi proses pelarutan oleh air, namun pada tahap berikutnya bisa jadi perkembangan gua lebih dominan dipengaruhi oleh proses erosi, abrasi, atau bahkan aktivitas tektonik.

Dimensi sebuah gua dapat diketahui secara pasti melalui survei pengukuran secara langsung di lapangan, biasanya terangkum dalam sebuah aktivitas pemetaan gua (*cave survey/mapping cave*). Dimensi terukur yang bisa direkam dalam pemetaan gua adalah panjang total, sudut lorong terhadap arah utara magnetis, kemiringan lorong, lebar lorong, tinggi lorong, dan kedalaman lorong dari permukaan tanah. Berdasarkan panjang lorong dikenal 4 jenis gua yaitu kecil, sedang, besar dan sangat besar (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Klasifikasi Gua Berdasarkan Panjang Lorong

Tipe Gua	Ukuran (meter)
Gua Kecil	< 50
Gua Sedang	50–500
Gua Besar	500–5000
Gua Sangat Besar	> 5000

Sumber: Bögli (1980)

4. Gua Pada Batuan Karbonat

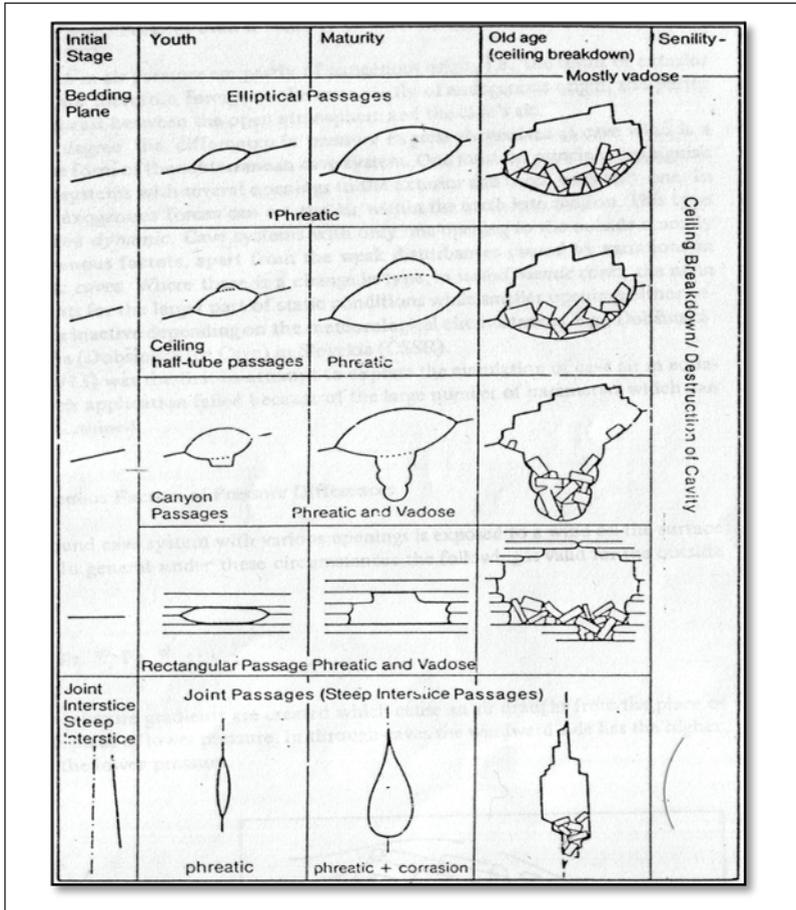
Satu-satunya jenis gua seperti yang diuraikan di atas, yang terkait dengan judul buku ini hanyalah gua pada batuan karbonat. Untuk itu, bahasan selanjutnya hanyalah perihal gua yang ada pada kawasan karbonat sehingga diperlukan bahasan lebih rinci tentang batuan karbonatnya.

Batuan karbonat adalah batuan yang tersusun oleh mineral utama berupa kalsium karbonat ($CaCO_3$). Di alam, batuan karbonat ini berupa batugamping ($CaCO_3$) dan dolomit ($CaMg(CO_3)_2$). Kedua jenis batuan ini merupakan produk endapan laut dangkal yang berasal dari sisa terumbu karang dan binatang bercangkang yang terakumulasi di dalam laut. Selanjutnya endapan ini mengalami proses pembatuan dalam skala waktu geologi. Batuan karbonat jenis batugamping terbentuk ketika kadar garam di laut di bawah 7%, sedangkan dolomit terbentuk jika kadar garam berkisar 7–8%. Jika kadar garam di atas 8%, maka endapan yang dihasilkan adalah *magnesite* (Bögli, 1980).

Kenampakan fisik batugamping dan dolomit sulit dibedakan di lapangan. Untuk mengetahui perbedaannya, diperlukan analisis petrografi di laboratorium. Beberapa sifat fisik kedua jenis batuan ini memiliki nilai yang nyaris sama. Secara kimiawi, batugamping memiliki sifat yang relatif lebih mudah larut dibandingkan dolomit terhadap larutan asam. Pengujian di lapangan dengan menggunakan larutan asam khlorida (HCl) menunjukkan dolomit memiliki buih reaksi yang lebih sedikit dibandingkan dengan batugamping. Reaksi kimia ini menunjukkan bahwa batugamping memiliki kecenderungan lebih besar untuk mengalami pelarutan dan berproses menjadi bentang alam karst dibandingkan dengan dolomit.

Gua pada batuan karbonat berkembang di bagian-bagian terlemah pada tubuh batuan tersebut. Sifat batuan karbonat yang *brittle,* keras namun mudah patah menyebabkan batuan jenis ini memiliki banyak retakan-retakan yang terbentuk baik pada saat proses pembentukan batuan maupun karena pengaruh tenaga endogenik. Batuan karbonat pada tipe yang paling umum dijumpai memiliki struktur berlapis. Pada bidang perlapisan ini, gua-gua karbonat cenderung berkembang

lebih baik menjadi lorong-lorong yang panjang dan relatif horizontal. Perkembangan lorong gua juga dipengaruhi oleh kondisi muka air tanah (*water level*) dan struktur geologi yang bekerja di kawasan batuan karbonat.

Perkembangan gua pada titik-titik lemah batuan karbonat sedikit banyak memudahkan pelacakan lokasi mulut gua dengan melakukan interpretasi morfologi melalui peta maupun citra satelit. Namun ada juga gua yang terbentuk karena proses runtuhan (*collapse)* dan amblesan (*subsidence*) sehingga posisi mulut guanya bisa jadi berada di bentukan morfologi positif seperti puncak dan lereng bukit. Dalam kasus ini, jika mulut gua memiliki dimensi yang cukup besar, kemungkinan dapat tertangkap oleh citra satelit sehingga mudah diduga posisi mulut guanya. Gua dengan lubang masuk kecil yang terbentuk akibat proses runtuhan atau amblesan hanya bisa ditemukan dengan melakukan survei langsung ke lapangan. Perbedaan proses pembentukan gua tersebut menimbulkan berbagai macam bentukan mulut gua (Gambar 2.1).

Sumber: Bögli (1980)

Gambar 2.1 Beragam Bentuk Mulut Gua Berdasarkan Faktor Pengontrol Proses Pembentukannya.

B. Metode Pelacakan Mulut Gua

Melacak posisi mulut gua di kawasan batuan karbonat merupakan kegiatan yang cukup rumit, terutama pada wilayah-wilayah yang belum atau jarang dihuni oleh manusia. Biasanya proses pelacakan

mulut gua mendapat alokasi waktu tersendiri dan menjadi bagian dari satu rangkaian kegiatan eksplorasi gua. Beberapa tahapan prosedur yang lazim diterapkan dalam pelacakan mulut gua dapat diilustrasikan sebagai berikut (Gambar 2.2).

Dokumentasi: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.2 Skema Alur Tahapan dalam Pelacakan Mulut Gua

1. Studi Literatur

Penelusuran pustaka yang disarankan untuk dipelajari sebelum melakukan survei adalah laporan-laporan survei yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Pada umumnya dilakukan pengumpulan informasi tentang tatanan geologi daerah yang akan disurvei, meliputi informasi litologi, geomorfologi, struktur geologi, stratigrafi, kondisi geohidrologi, dan lain sebagainya. Informasi-informasi ini akan memberikan gambaran awal sebelum melakukan interpretasi peta daerah yang akan disurvei. Penting juga diketahui informasi lain seperti kondisi sosial budaya masyarakat setempat. Dalam beberapa kasus, survei pelacakan mulut gua dengan mengandalkan pengetahuan masyarakat lokal jauh lebih efektif dan efisien.

2. Interpretasi Peta Lokasi Survei

Interpretasi peta lokasi perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sebenarnya serta memperoleh informasi penting dari suatu wilayah yang akan disurvei. Tujuan interpretasi peta ini adalah agar kegiatan survei yang akan dilakukan lebih efektif, efisien, dan tepat sasaran. Beberapa informasi yang biasanya dicari dalam interpretasi peta adalah:

1) Sebaran batuan karbonat
2) Pola aliran air permukaan
3) Kondisi topografi
4) Informasi tata guna lahan
5) Wilayah administrasi daerah survei
6) Kesampaian daerah survei atau mudah tidaknya dijangkau oleh sarana transportasi
7) Objek potensial: sumber air terdekat, pemukiman terdekat, dan lain-lain.

3. Deliniasi Daerah Survei

Deliniasi adalah suatu usaha untuk melakukan pembatasan area survei. Hal ini perlu dilakukan karena tidak semua wilayah harus dijelajah untuk mencari mulut gua. Selain boros waktu, biaya, dan tenaga, tidak semua wilayah terdapat gua. Oleh karena itu, perlu ditentukan batas-batas lokasi survei. Dalam hal pencarian mulut gua, batas terluas yang bisa digunakan adalah berdasarkan sebaran batuan karbonat dan selanjutnya adalah batas administrasi lokasi survei. Mulai dari provinsi, kabupaten, kecamatan, hingga bentuk administrasi yang paling kecil yang biasanya tersedia dalam peta rupa bumi, yaitu desa. Batas yang lebih sempit lagi adalah daerah-daerah yang memiliki morfologi negatif atau daerah depresi (cekungan dan lembah) yang pada umumnya daerah-daerah tersebut banyak dijumpai mulut gua. Misalnya kita akan melakukan inventarisasi gua di Provinsi Jawa Tengah, langkah pertama adalah mencari wilayah mana saja di provinsi tersebut yang memiliki batuan karbonat. Kita

dapat melakukan tumpang susun antara peta Jawa Tengah dengan peta sebaran karbonat (Gambar 2.3). Dari proses tersebut maka daerah pencarian akan menyempit hanya pada beberapa kabupaten, yaitu: Brebes, Banyumas, Cilacap, Kebumen, Purworejo, Pati, Jepara, Rembang, Grobogan, dan Wonogiri (Gambar 2.3).

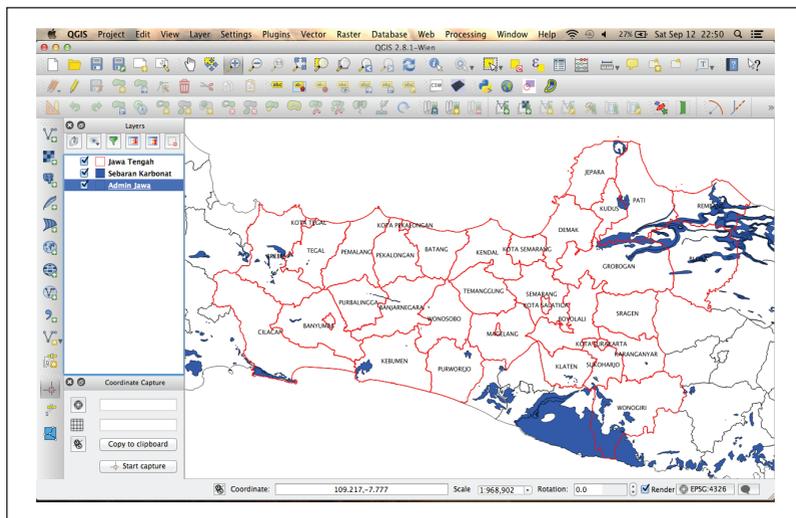



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.3 Tumpang Susun Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah dengan Peta Sebaran Karbonat

Dari proses tahap deliniasi ini akan didapatkan informasi sebaran karbonat di Kabupaten Wonogiri berada pada 12 kecamatan: Manyaran, Wuryantoro, Eromoko, Batuwarno, Baturetno, Pracimantoro, Giriwoyo, Giritontro, Paranggupito, Kismantoro, Purwantoro, dan Puh Pelem. Sedangkan sebaran karbonat di Kecamatan Giriwoyo terdapat di desa: Tawangharjo, Sirnoboyo, Sendangagung, Pucanganom, Sejati, Platarejo, Guwotirto, Girikikis, Tirtosworo, Ngancar dan Selomarto (Gambar 2.4).

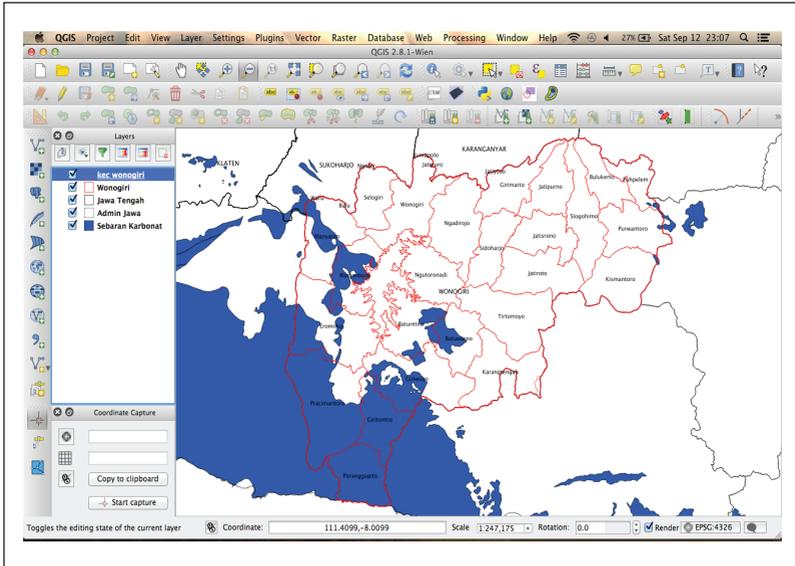



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.4 Deliniasi Areal Survei dengan Menggunakan Batas Administrasi Kecamatan

4. Menentukan Titik-Titik Dugaan

Setelah proses deliniasi daerah survei dilakukan hingga batas paling sempit, tahapan berikutnya adalah meletakkan titik-titik dugaan keberadaan mulut gua pada peta yang disiapkan untuk survei lapangan. Dengan melakukan tumpang susun peta topografi, peta pola aliran, dan hasil analisis citra satelit, dapat dilakukan pendugaan lokasi mulut gua. Selanjutnya adalah dengan meletakkan titik-titik pada pusat daerah cekungan atau lembah-lembah, dengan asumsi bahwa titik-titik tersebut merupakan titik tempat aliran permukaan berakhir. Titik-titik dugaan selanjutnya juga dapat diletakkan pada titik tempat aliran sungai yang tiba-tiba menghilang atau tiba-tiba muncul pada peta topografi (Gambar 2.5, Gambar 2.6, Gambar 2.7, Gambar 2.8).

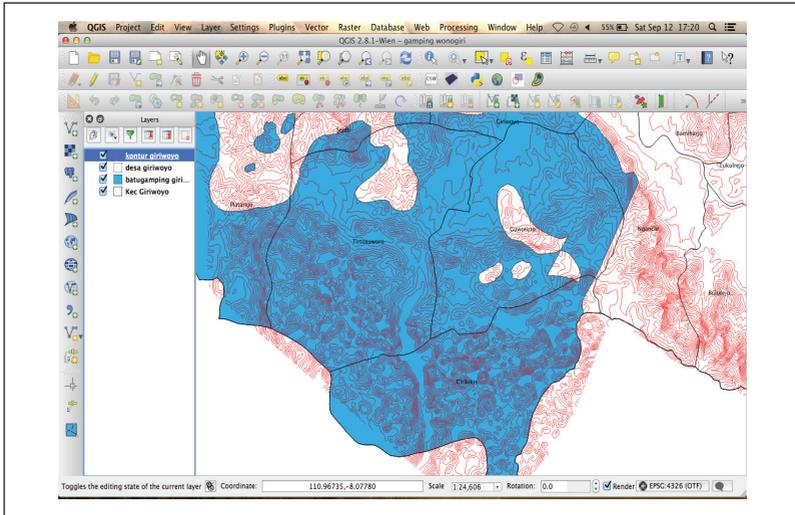



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.5 Proses *Overlay* Peta Sebaran Karbonat pada Batas Administrasi Desa di Kecamatan Giriwoyo dengan Peta Kontur

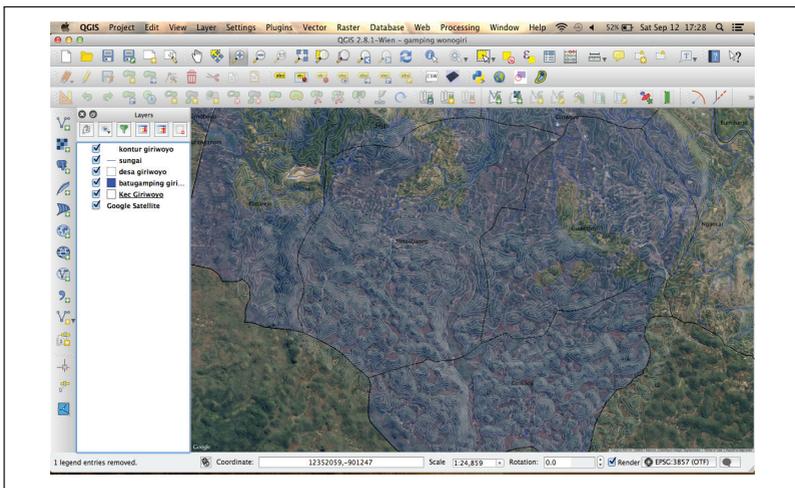



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.6 Proses *Overlay* Peta Sebaran Karbonat, Peta Kontur, Pola Pengaliran, dan Citra Satelit

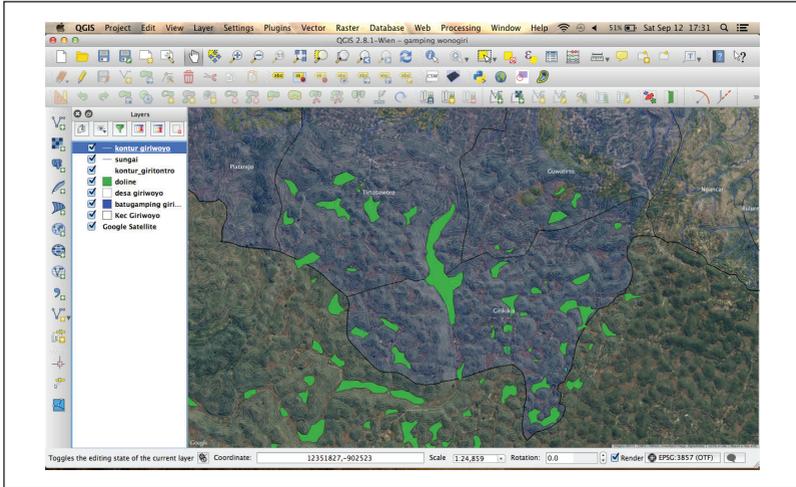



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.7 Proses Deliniasi dengan Menggunakan Citra Satelit dan Garis Kontur untuk Melokalisasi Daerah-Daerah Cekungan/Lembah

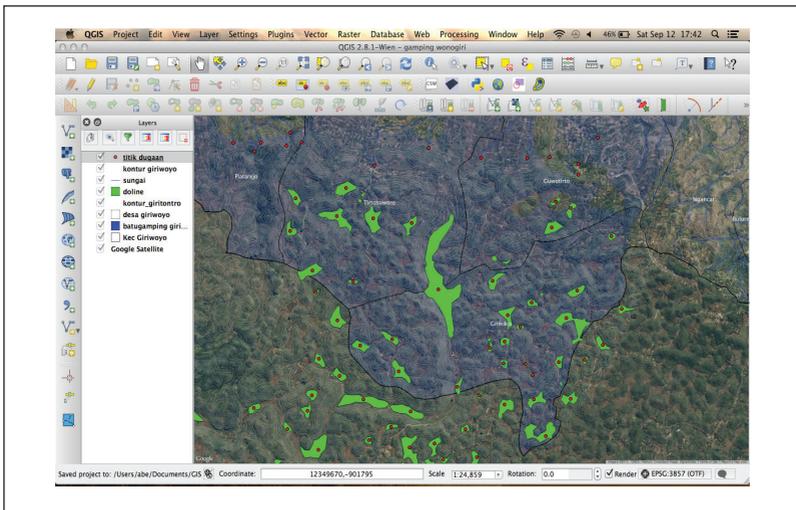



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.8 Proses Meletakkan Titik-Titik Dugaan Keberadaan Mulut Gua pada Daerah-Daerah Depresi dan Lokasi Munculnya Pola Pengaliran pada Peta

Pada citra satelit yang memiliki resolusi tinggi, lubang mulut gua akibat proses amblesan dan runtuhan dengan diameter besar biasanya dapat tertangkap sehingga dapat diletakkan titik dugaan pada wilayah tersebut (Gambar 2.9). Masing-masing titik ini memiliki koordinat yaitu nilai pada sumbu X (mewakili garis bujur) dan sumbu Y (mewakili garis lintang) yang dapat dimasukan pada GPS genggam yang selanjutnya akan digunakan untuk memandu ketika survei di lapangan dilakukan.

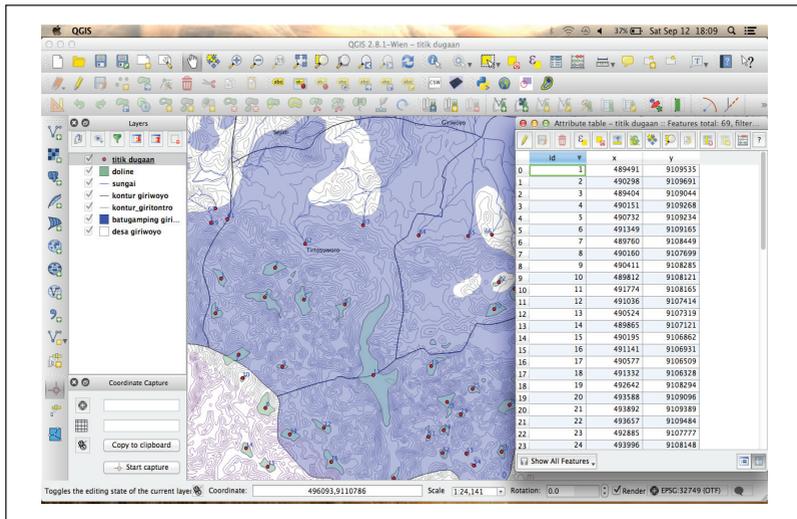



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.9 Memunculkan Koordinat Titik-Titik Dugaan Keberadaan Mulut Gua pada Tabel Atribut

5. Survei Lapangan

Survei lapangan merupakan tahap berikutnya setelah data-data awal yang dibutuhkan tersedia dan siap digunakan. Kegiatan survei lapangan selain sebagai tahapan konfirmasi terhadap interpretasi data yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, juga merupakan tahap mengumpulkan informasi-informasi penting lain terkait objek survei

yang akan dilakukan. Misalkan dalam survei keberadaan mulut gua, selain mencatat posisi geografis dan administratif, pelaksana survei sebaiknya juga mencatat informasi lain yang terkait keberadaan gua yang dituju. Informasi yang dimaksud antara lain adalah apakah gua sasaran merupakan titik keluaran air dari sungai bawah tanah (*resurgence*), atau merupakan titik hilangnya aliran sungai permukaan tertentu (*swallow hole*), atau barangkali merupakan habitat fauna tertentu seperti kelelawar.

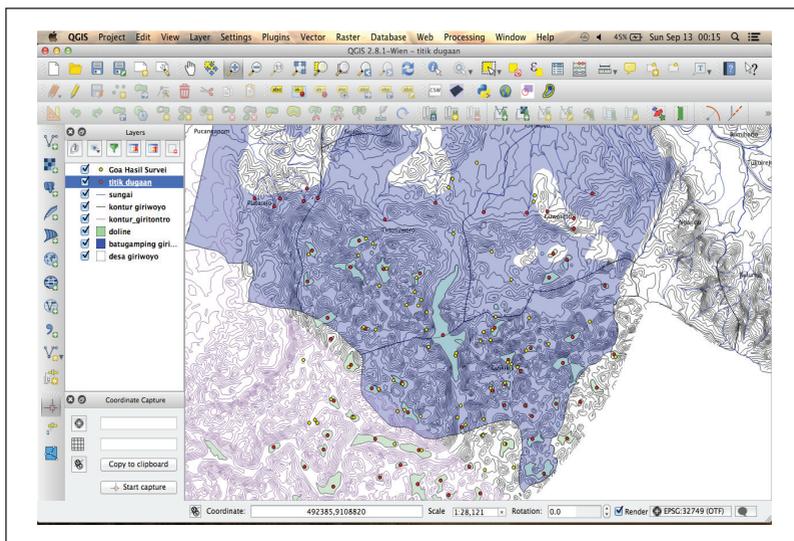



Foto: A. B. Rodhial Falah (2015)

Gambar 2.10 Hasil Survei Lapangan Pelacakan Mulut Gua di Wilayah Kecamatan Giriwoyo

Informasi lain yang perlu dicatat dalam survei mulut gua adalah geologi dasar, seperti arah kemiringan (*dip*) dan arah pelamparan (*strike*) batuan tempat gua yang dituju berada, deskripsi litologi, tipe mulut gua berdasarkan amatan genesanya, dan juga sketsa/foto mulut gua (sebaiknya dilengkapi dengan skala pembanding). Semua pengambilan data tersebut disarankan berada di titik yang sama dengan pengambilan posisi mulut gua yang tentu saja sebaiknya

menggunakan GPS. Data yang lengkap akan memudahkan proses berikutnya apabila kegiatan survei lebih rinci atau pengukuran/ pemetaan gua yang akan dilakukan di kemudian hari.

Standardisasi data atau informasi yang dikumpulkan selama survei perlu dilakukan agar data yang terkumpul memiliki nilai yang sama. Untuk menjaga kesamaan data terkumpul dalam melakukan survei maka dibuat formulir atau borang yang perlu diisi oleh para pelaku survei (Tabel 2.2). Contoh formulir ini berisi data-data umum yang baku yang minimal harus terkumpul selama survei. Bilamana diperoleh informasi lain yang belum terdapat di dalam kolom formulir, pelaksana survei dapat mengisi kolom keterangan atau membuat uraian pada lembar lain yang terpisah.

Tabel 2.2 Salah Satu Contoh Formulir atau Borang Survei Lapangan dalam Pelacakan Mulut Gua

Tanggal :
Surveyor :

No	Posisi Geografis		Elevasi	Nama Goa	Posisi Administratif			Tipe Entrance	Posisi Morfologi			Keterangan
	X	Y			Dusun	Desa	Kecamatan		Lembah	Lereng Bukit	Puncak Bukit	
1												
2												
3												

Dokumentasi: A. B. Rodhial Falah (2015)

6. Peralatan yang Dibutuhkan

Dalam setiap survei diperlukan bahan dan peralatan yang tersedia sebelum kegiatan-kegiatan dilaksanakan. Perlengkapan bahan dan alat yang dimaksud adalah:

1) Peta, terdiri atas
    a) Peta geologi
    b) Peta topografi
    c) Peta citra satelit,
    d) Peta rupa bumi (disarankan dalam format digital)

2) Komputer yang sudah terinstalasi perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) dan perangkat lunak lain yang terkait untuk melakukan analisis
3) Mesin cetak atau *printer*
4) Perangkat genggam penerima *Global Positioning System* (GPS)
5) Kompas geologi
6) Alat ukur jarak (pita ukur, *laser distance*)
7) Protaktor
8) Larutan HCl
9) Palu geologi
10) Meja lapangan/*clipboard*
11) Alat tulis
12) Kamera
13) Tas punggung tahan air
14) Baju lapangan (*coverall*)
15) Helm gua lengkap dengan lampu kepala (*head lamp*)
16) Sepatu lapangan, biasanya sepatu boot
17) Sarung tangan
18) Kacamata *goggle*
19) Pelindung lutut (*knee decker*)
20) Perangkat

Daftar Pustaka

Bögli, A. (1980). *Karst hydrology and physical speleology*. Springer-Verlag.

Ford, D., & Williams, P.D. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley and Sons Ltd.

Thornbury. (1954). *Principle of Geomorphology*. John Willy & Sons Inc.

BAB 3
Inventarisasi Kelelawar

Sigit Wiantoro

Kawasan karst dengan sistem perguaannya merupakan habitat yang ideal bagi kelelawar. Kelelawar yang hidup di daerah tropis cenderung untuk menggunakan gua sebagai tempat tinggalnya sepanjang tahun, walaupun beberapa kelompok terkadang berpindah dan menjadikan gua sebagai tempat tinggal sementara. Suyanto (2001) menyebutkan bahwa dari jumlah total kelelawar yang ada di Indonesia (kurang lebih 239 jenis), sekitar 20% dari jumlah kelelawar pemakan buah, dan lebih dari 50% dari jumlah kelelawar pemakan serangga, memilih gua sebagai tempat tinggalnya (*roosting*).

Kelelawar memiliki peran penting bagi ekosistem karst termasuk gua, serta bagi manusia di sekitarnya. Kelompok kelelawar pemakan buah berperan dalam membantu proses penyerbukan, termasuk beberapa di antaranya tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi misalnya durian, petai, kapas, dan kaktus (Howell, 1980; Fleming, 1991; Bumrungsri dkk., 2008; Bumrungsri dkk., 2009; Srithongchuay dkk., 2008). Kelelawar pemakan buah juga berperan sebagai pemencar biji (*seed disperser*) yang sangat penting dalam proses regenerasi hutan (Tan dkk., 2000; Kunz dkk., 2011). Sedangkan, kelelawar pemakan serangga berperan sebagai pengendali populasi serangga, termasuk serangga yang berpotensi sebagai hama (Cleveland dkk., 2006; Wanger

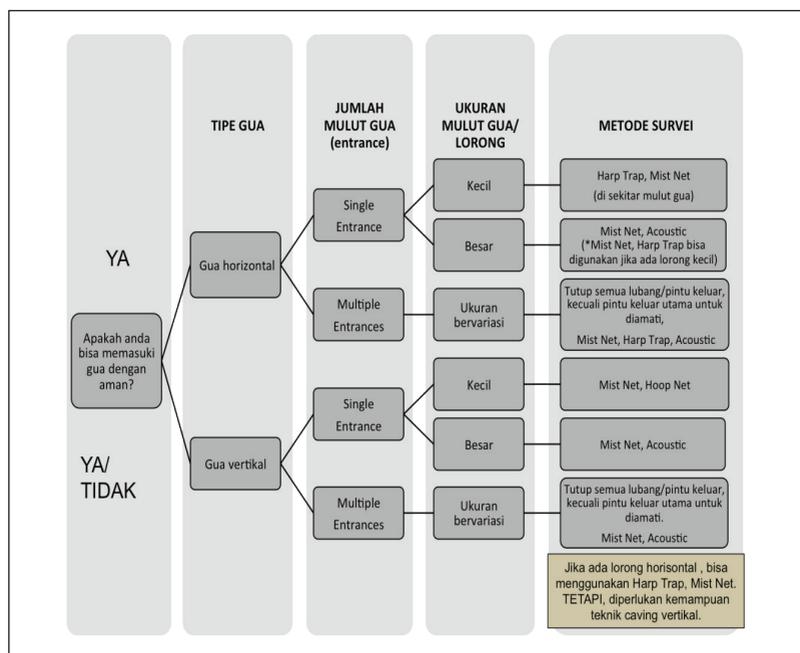
dkk., 2014; Montserrat dkk., 2015) dan vektor penyakit (Zinn & Humphrey, 1981). Selain sebagai pemasok energi bagi ekosistem gua, keberadaan kelelawar juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai penambah nilai ekonomi bagi masyarakat sekitarnya. Keberadaan kelelawar dapat dijadikan sebagai objek ekoturisme (Ryser & Popovici, 2000), ribuan individu kelelawar yang keluar dari gua dan terbang secara berkelompok sehingga tampak seperti kepulan asap merupakan sebuah pemandangan yang sangat indah. Di samping itu, kotoran kelelawar (*guano*) dengan kandungan *phospat* yang tinggi juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk alami (Tuttle, 1994). Kotoran kelelawar apabila dikelola dengan baik, dapat menjadi sumber penghasilan bagi masyarakat.

Kelelawar merupakan binatang nokturnal yang aktif pada malam hari dan menghabiskan waktu siangnya di tempat tinggalnya. Keberadaan gua sebagai tempat tinggal menjadi sangat penting bagi kelangsungan hidup ratusan jenis kelelawar, baik di Indonesia maupun di dunia. Namun, ancaman terhadap keberadaan kelelawar maupun gua semakin meningkat. Ancaman ini seiring dengan bertambahnya populasi manusia, yang berimbas pada meningkatnya aktivitas alih fungsi lahan dan pemanfaatan kawasan karst yang cenderung bersifat destruktif. Selain itu penangkapan kelelawar secara berlebihan untuk dikonsumsi merupakan ancaman langsung yang mengakibatkan menurunnya populasi kelelawar. Oleh karena itu, sangat perlu dilakukan survei/penelitian untuk menginventarisasi, dan mengidentifikasi keberadaan kelelawar serta upaya perlindungan ekosistem karst dan gua untuk mempertahankan kekayaan jenis kelelawar dan peran pentingnya bagi ekosistem.

A. Metode Survei

Pada prinsipnya, sebelum melakukan survei sebaiknya dilakukan observasi kawasan yang akan diteliti terlebih dahulu untuk mengetahui lokasi yang tepat untuk mendapatkan data ataupun penangkapan kelelawar. Tiga hal yang harus diketahui oleh pelaksana survei yaitu tempat tinggal/bertengger (*roosting*), area mencari makan (*foraging area*), dan jalur terbang kelelawar (*flyway*). Survei kelelawar di

kawasan karst dapat dilakukan baik di dalam gua maupun pada area permukaan kawasan karst, misalnya hutan, kebun, maupun tempat bertengger kelelawar seperti rumpun bambu ataupun gulungan daun pisang yang masih muda.

Secara umum diketahui ada tiga metode survei kelelawar yang dapat digunakan baik di permukaan kawasan karst maupun di dalam gua, yaitu: (1) penangkapan dengan perangkap hidup *(live trapping)*, (2) pengamatan (*visual survey*), dan (3) survei akustik atau dikenal juga dengan perekaman suara ultrasonik kelelawar (*acoustic survey*). Ketiga metode ini dapat digunakan secara terpisah maupun bersamaan tergantung dengan kondisi lapangan dan juga ketersediaan alat. Panduan dalam pemilihan metode survei dapat dilihat di Gambar 3.1.

Sumber: dimodifikasi dari gambar *Deciding Survey Methods for Cave Bats* dalam SEABCRU *Cave Bat Survey Protocol for Southeast Asia*, 2013).

Gambar 3.1 Pemilihan Metode Survei Kelelawar di Gua

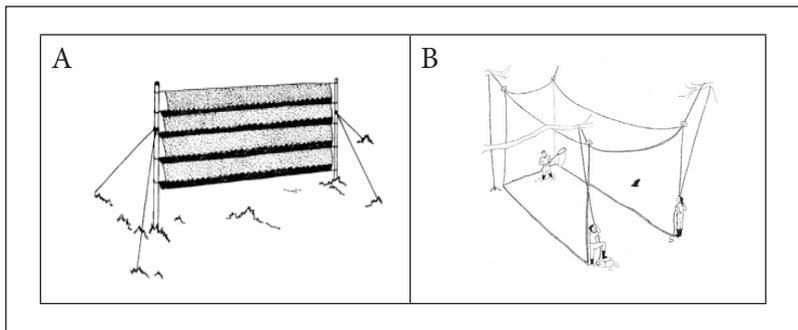
PERHATIAN!! Gua merupakan ekosistem yang ekstrem dengan kondisi minim cahaya (bahkan tanpa cahaya atau gelap total), kandungan oksigen yang rendah, serta kondisi fisik gua yang biasanya berbatu, licin, atau bahkan berlumpur. Oleh karena itu, perlu diperhatikan prosedur keselamatan dalam penelusuran gua, misalnya pemakaian helm (pelindung kepala), penerangan yang cukup, sepatu, dan juga teknik penelusuran gua vertikal jika diperlukan.

1. Penangkapan

Proses identifikasi kelelawar membutuhkan keahlian dan kemampuan khusus. Keahlian ini diperlukan karena banyaknya jenis kelelawar yang ada, dan setiap jenis memiliki karakter khusus untuk membedakannya dari jenis yang lain. Karakter tersebut sangat sulit untuk diamati tanpa memegang kelelawar secara langsung. Oleh karena itu sangat sulit untuk melakukan identifikasi di lapangan ketika kelelawar masih di atas menggantung atau tidak di tangan. Hanya beberapa jenis yang memiliki karakter unik dan jelas, namun jumlah jenis nya tidak terlalu banyak. Oleh karena itu tetap diperlukan penangkapan untuk pengamatan yang lebih detail. Beberapa metode dengan peralatan khusus yang dapat digunakan antara lain:

a) Jaring Kabut (*Mist Net*)

Jaring kabut dapat digunakan di permukaan kawasan karst seperti hutan pimer, hutan sekunder, belukar, kebun, dan juga gua. Di luar gua, metode ini sangat efektif untuk menangkap kelelawar pemakan buah dan sebagian besar kelelawar pemakan serangga. Keberhasilan *sampling* dengan jaring kabut dapat dinyatakan dengan satuan *individu/m^{2}jaring/jam* atau *individu/m^{2}jaring/malam*, yang mengindikasikan jumlah individu dalam setiap m^2 luasan jaring pada setiap jam atau malam pengamatan. Jaring kabut yang terpasang sebaiknya ditunggu atau dilakukan pengecekan dalam interval waktu yang tidak lama. Pengecekan jangka pendek ini diperlukan untuk mencegah

kelelawar yang terperangkap ke dalam jaring tidak menjadi semakin kusut, terbelit oleh benang-benang jaring sehingga menyulitkan untuk dilepas, dan bahkan dapat menimbulkan terjadinya luka pada kelelawar. Selain itu, pengecekan juga dilakukan untuk menghindari lepasnya kelelawar dari jaring, terutama kelelawar pemakan serangga yang memiliki gigi yang sangat tajam untuk membuat lubang pada jaring. Pemasangan jaring di dalam maupun di mulut gua harus selalu ditunggu, mengingat kelelawar keluar gua secara bersamaan dan dalam jumlah banyak sehingga akan dibutuhkan kemampuan untuk ekstraksi kelelawar yang terperangkap dengan cepat, sebelum lepas dan juga mencegah terjadinya kerusakan pada jaring. Pemasangan jaring kabut sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lokasi dan juga jumlah jaring yang akan dipasang. Satu buah jaring dapat dipasang secara terpisah, ataupun dikombinasi dengan jaring yang lainnya seperti contoh pada Gambar 3.2.

Ket. A. Satu; B. Kombinasi Pemasangan Beberapa Jaring yang Disusun Berbentuk Lorong (*Tunnel Trap*)
Sumber: Sedlock (2001)

Gambar 3.2 Pemasangan Jaring Kabut

b) Perangkap Harpa (*Harp Traps*)

Perangkap harpa (Gambar 3.3, kiri) sangat efektif untuk menangkap kelelawar pemakan serangga dikarenakan sulit terdeteksi dengan kemampuan ekolokasi. Metode ini juga dapat digunakan di habitat permukaan kawasan karst maupun di dalam dan mulut gua, tetapi

cakupan/luasan perangkap lebih kecil daripada jaring kabut. Perangkap harpa memiliki ukuran yang tidak terlalu besar dan biasanya ditempatkan di jalur terbang kelelawar seperti jalur jalan di hutan atau kebun dan lorong sempit di dalam gua. Keberhasilan *sampling* dapat dinyatakan dengan satuan *individu/harptrap/jam* atau *individu/harptrap/malam* yang mengindikasikan jumlah individu dalam setiap perangkap harpa pada setiap jam atau malam pengamatan

Pemasangan perangkap harpa di dalam ataupun mulut gua harus ditunggu untuk menghindari terjadinya penumpukan kelelawar di kantong harpa. Hal ini juga untuk menghindari gangguan predator dan stres pada kelelawar yang dapat mengakibatkan kematian.

c) Jaring Bertangkai (*Hoop Net/Hand Net*)

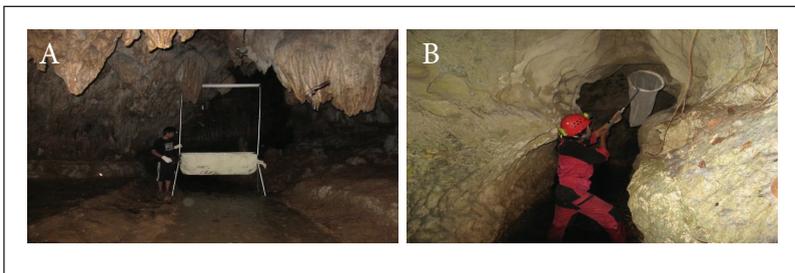
Jaring bertangkai (Gambar 3.3, kanan) digunakan untuk menangkap kelelawar yang sedang menggantung diam di tempatnya, atau yang terbang saat menghindari perangkap lain yang telah dipasang. Metode ini sangat efektif untuk menangkap kelelawar di dalam gua yang lorongnya tidak terlalu besar atau tinggi (terjangkau dengan alat tangkap *hand net*) serta di antara retakan/celah batuan dan juga di lekukan dinding atau atap gua (misalnya *bell hole*) yang sering dijadikan bertenggernya kelelawar. Jaring bertangkai ini juga dapat digunakan untuk menangkap kelelawar yang tinggal di dalam ruas bambu, gulungan daun pisang muda, ataupun bangunan/rumah.

Ket.: A. Perangkap Harpa yang Dipasang di Lorong Gua; B. Penangkapan Kelelawar dengan Menggunakan Jaring Bertangkai

Foto: Sigit Wiantoro (2010)

Gambar 3.3 Jaring Bertangkai

PERHATIAN!! Jaring kabut dan perangkap harpa yang terpasang di gua harus ditunggu untuk menghindari penumpukan kelelawar pada perangkap yang terpasang, pemangsaan/predasi, luka pada kelelawar karena saling menggigit atau terbelit oleh benang jaring kabut, dan terlepasnya kelelawar dari jaring.

2. Pengamatan

Pengamatan dapat dilakukan di habitat *roosting* kelelawar, misalnya pohon tempat mereka bertengger (biasanya jenis kalong *Pteropus spp.*) dan juga di dalam gua. Metode ini dapat melengkapi penggunaan metode yang lain, ataupun ketika tidak memungkinkan untuk dilakukan penangkapan. Informasi yang dapat diperoleh antara lain adalah keberadaan kelelawar, jenis kelelawar, dan estimasi populasi.

Identifikasi kelelawar dengan metode pengamatan tanpa memegang (menangkap) tidaklah mudah karena memerlukan keahlian dan pengalaman. Beberapa kelompok taksa memungkinkan untuk diidentifikasi sampai tingkat jenis dikarenakan memiliki karakter yang sangat unik, khas, dan terlihat jelas sangat berbeda dengan jenis yang lain, misalnya *Megaderma spasma*, *Nycteris javanica,* dan *Hipposideros diadema*. Sedangkan kelompok taksa yang lainnya hanya memungkinkan untuk diidentifikasi sampai tingkat marga, misalnya *Hipposideros* dan *Rhinolophus*. Walaupun tidak memungkinkan untuk mendapatkan informasi sampai dengan tingkat jenis, informasi yang diperoleh dari pengamatan tersebut merupakan informasi yang sangat penting.

Penghitungan populasi kelelawar pada posisi *roosting* dilakukan dengan cara menghitung jumlah individu semua yang terlihat (kalau memungkinkan) atau hanya pada perkiraan luasan tertentu. Sedangkan kelelawar yang sedang terbang dari dalam gua, estimasi populasinya dilakukan dengan cara penghitungan langsung individu pada saat keluar dari gua (*emergence count*). Metode lain yaitu dengan

perekaman (*video recording*) dan teknik fotografi (SEABCRU *Cave Bat Survey Protocol for Southeast Asia*, 2013).

a) Penghitungan Langsung

Dalam estimasi populasi dengan penghitungan langsung pada saat kelelawar keluar dari gua, sebaiknya pengamat sudah siap berada di sekitar mulut gua (tempat keluar kelelawar) dengan semua perlengkapannya sebelum kelelawar mulai terbang keluar (setidaknya setengah jam sebelumnya). Penghitungan akan lebih efektif jika kondisi cuaca cerah dengan warna langit yang bersih dan terang. Untuk membantu penghitungan dapat digunakan *handcounter* dan jika memungkinkan dapat menggunakan alat bantu penglihatan yang dilengkapi dengan *night vision* dan inframerah. Estimasi populasi dengan menggunakan metode ini memiliki kemungkinan untuk terjadinya bias, hasil dapat kurang atau bahkan lebih dari jumlah populasi yang sebenarnya. Oleh karena itu, untuk mengurangi atau memperkecil bias, sebaiknya penghitungan dilakukan oleh beberapa orang secara bersamaan dari berbagai posisi pengamatan atau dilakukan beberapa pengulangan penghitungan pada waktu yang berbeda.

b) Perekaman (*video recording*)

Metode perekaman video ini dapat digunakan untuk perkiraan populasi, khususnya kelelawar yang keluar dari mulut gua. Perekaman dilakukan dengan memasang kamera yang dilengkapi dengan inframerah di sekitar mulut gua (tempat keluar kelelawar), selama waktu keluarnya kelelawar (*emerging time*). Hasil rekaman kemudian dapat dianalisis untuk menghitung jumlah kelelawar dengan cara memutar ulang hasil rekaman dalam kecepatan yang diperlambat. Estimasi populasi yang dihasilkan dapat lebih mendekati jumlah individu yang sebenarnya. Selain untuk memperkirakan populasi, metode ini juga dapat digunakan untuk identifikasi, terutama jenis-jenis kelelawar yang memiliki ciri morfologi sangat jelas.

c) Fotografi

Pemotretan merupakan metode yang tidak menimbulkan gangguan bagi kelelawar (Rydell & Russo, 2015). Selain membantu proses identifikasi, pengambilan foto koloni kelelawar yang sedang bertengger (khususnya di gua) juga dapat dianalisis untuk perkiraan populasi. Biasanya kelelawar akan terbang ketika ada gangguan pada saat orang memasuki gua sehingga ketika observer masuk ke gua, diusahakan untuk menunggu dulu kelelawar kembali ke tempat bertenggernya sampai kondisi tenang. Pengambilan gambar/foto yang bagus tentunya diperlukan kamera yang mampu menghasilkan gambar yang tajam, namun juga diperlukan kehati-hatian dalam penggunaan cahaya sehingga tidak menimbulkan gangguan bagi kelelawar. Salah satu contoh penelitian yang menggunakan metode ini dilakukan oleh Carpenter dkk. (2014).

Ket.: jarak *inter-orbital* dijadikan sebagai ukuran untuk kalibrasi luasan area *roosting*

Sumber: Carpenter dkk. (2014)

Gambar 3.4 Foto Koloni *Rousettus amplexicaudatus*

2. Survei Akustik

Seiring dengan kemajuan teknologi, saat ini survei kelelawar dapat dilakukan dengan menggunakan alat *bat detector*. Alat tersebut berfungsi untuk merekam gelombang suara ultrasonik yang berasal dari kelelawar pemakan serangga. Kelelawar pemakan serangga memiliki kemampuan ekolokasi, yaitu kemampuan kelelawar untuk mengendalikan terbangnya (navigasi) dalam kondisi gelap dengan menggunakan gelombang suara yang dikeluarkan melalui mulut atau hidung, yang kemudian diterimanya kembali dalam bentuk gema (pantulan gelombang suara) dan diolah menjadi informasi untuk mengetahui keberadaan benda di sekitarnya. Gelombang suara yang dihasilkan biasanya merupakan gelombang suara ultrasonik (di luar ambang batas pendengaran manusia) yang unik dan memiliki karakter khas, yang berbeda untuk setiap jenis (misalnya perbedaan frekuensi) sehingga dapat digunakan untuk identifikasi.

Kelebihan dari metode ini adalah tidak perlu untuk melakukan penangkapan, sekaligus dapat berfungsi untuk mendeteksi keberadaan jenis-jenis kelelawar yang tidak berhasil ditangkap atau yang diamati dengan metode lain. Survei menggunakan *bat detector* dapat dilakukan di tempat-tempat yang diperkirakan sebagai jalur terbang kelelawar atau di habitat mencari pakannya. Selain itu juga dapat dilakukan di sekitar gua pada saat kelelawar terbang keluar. Saat ini, telah banyak diproduksi berbagai macam (merk dan tipe) *bat detector*, misalnya Anabat SD1, Anabat Walkabout, Pettersson D1000X, dan Song Meter SM3BAT dari *Wildlife Acoustics*. Alat-alat tersebut berfungsi untuk merekam, yang kemudian dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak antara lain *BatSound* atau *SonoBat* untuk mengetahui karakter gelombang suara yang dihasilkan (Gambar 3.5).

Namun, perlu diketahui bahwa dibutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk pembelian *bat detector*. Di samping itu, informasi tentang referensi suara kelelawar (*reference calls*), saat ini masih sangat kurang, terutama untuk jenis-jenis kelelawar Indonesia. Sampai saat ini belum semua jenis kelelawar teridentifikasi suara ekolokasinya. Keterbatasan informasi suara ultrasonik kelelawar ini menjadi kendala ketika

ingin melakukan identifikasi atau mencocokkan hasil rekaman yang diperoleh. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk mengumpulkan/ mengoleksi suara ekolokasi kelelawar dari berbagi jenis dan lokasi survei yang nantinya digunakan sebagai referensi. Usaha ini dapat dilakukan dengan merekam dan menganalisis suara dari kelelawar yang tertangkap dan telah teridentifikasi jenisnya berdasarkan karakter morfologi. Panduan untuk melakukan survei akustik dan analisisnya dapat mengacu pada teknik survei akustik oleh Brigham dkk., (2002) dan Kunz & Parsons (2009).

Ket.: Survei Kelelawar dengan Menggunakan Anabat SD1; B. Contoh Alat Ultrasound Detector Pettersson D1000X

Foto A: Sigit Wiantoro (2010). Sumber B: *Ultrasound detector* D1000X *user's manual*.

Gambar 3.5 Survei Akustik

Untuk memperoleh hasil yang optimum dan akurat, survei kelelawar harus mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari setiap metode. Dengan demikian, dapat dipilih metode yang tepat, alat yang memadai, dan sesuai dengan target kelompok kelelawar yang diharapkan serta lokasi yang akan disurvei. Perbandingan beberapa metode berdasarkan alat, target kelelawar dan lokasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan Beberapa Metode Survei Kelelawar Berdasarkan Alat, Target Kelompok, dan Lokasi Koleksi

Metode	Target	Lokasi	Catatan
Mist net	Megachiroptera & Microchiroptera	Hutan atau kebun yang diperkirakan sebagai jalur terbang atau tempat mencaari makan. Sekitar mulut gua atau lorong di dalam gua.	Kelelawar pemakan serangga dengan kemampuan ekolokasi yang bagus mampu mendeteksi dan menghindar.
Harp trap	Microchiroptera	Lorong hutan (*forest trail*), jalur jalan setapak. Sekitar mulut dan lorong gua yang tidak terlalu besar.	Luasan area perangkap terbatas. Tidak efektif untuk kelelawar pemakan buah (Megachiroptera).
Hoop/hand net	Kelelawar yang berada di *roosting*	Atap gua yang rendah, celah batuan, *bell hole* dll.	Areanya terbatas dan harus mengetahui posisi *roosting* kelelawar.
Bat detector	Microchiroptera	Kawasan permukaan karst dan gua.	Kelelawar dengan frekuensi sangat rendah atau sangat tinggi. Perlu referensi ekolokasi kelelawar. Harga alat masih cukup mahal.

Metode	Target	Lokasi	Catatan
Pengamatan	Kelelawar yang memiliki karakter atau perilaku sangat khas sehingga mudah diidentifikasi	*Roosting* dan gua.	Risiko kesalahan identifikasi tinggi.

Sumber: dimodifikasi dari SEABCRU *Cave Bat Survey Protocol for Southeast Asia* (2013)

B. Koleksi dan Penanganan Spesimen

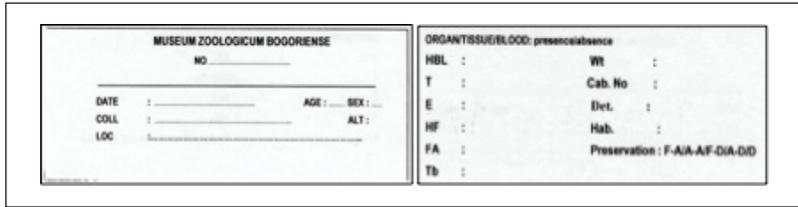
Kelelawar yang tertangkap dengan menggunakan jaring kabut, jaring bertangkai, ataupun perangkap harpa harus segera diambil dan ditempatkan di kantong belacu (bahan katun lebih baik), satu individu dalam satu kantong. Kantong yang berisi kelelawar disimpan dengan cara digantungkan, tidak diletakkan di tanah atau lantai sehingga kelelawar berada dalam posisi alaminya dan mampu untuk bertahan hidup. Di samping itu, dengan digantungnya kantong berisi kelelawar juga untuk menghindari semut ataupun terinjak.

Penanganan spesimen berikutnya meliputi proses identifikasi di lapangan dan pengambilan data atau informasi terkait spesimen tersebut (Lampiran 3.1, Lampiran 3.2, dan Lampiran 3.3). Informasi yang harus dicatat untuk setiap individu kelelawar antara lain: waktu pengambilan (tanggal/bulan/tahun), lokasi (administratif dan koordinat GPS), jenis kelelawar (spesies), jenis kelamin, kondisi reproduksi, tahap pertumbuhan atau umur (*juvenile*, remaja, dewasa), ukuran tubuh (berat (Wgt); panjang lengan bawah (FA); panjang telinga (E); panjang betis (Tb); panjang kaki belakang (HF); panjang ekor (*Tail*), dan catatan tambahan lain yang berisi metode penangkapan, durasi pemasangan perangkap, habitat, dan deskripsi spesimen misalnya warna rambut, serta frekuensi ekolokasi jika memungkinkan. Selain informasi tersebut, foto spesimen juga perlu diambil sebagai bagian dari dokumentasi yang sangat dibutuhkan

untuk membantu proses identifikasi. Selain tubuh secara keseluruhan, bagian-bagian yang menunjukkan karakter penting untuk identifikasi perlu didokumentasikan, misalnya bagian muka dengan bentukan hidung untuk kelelawar anggota suku Rhinolophidae dan Hipposideridae.

Apabila di dalam perangkap diperoleh kelelawar dalam jumlah yang banyak maka sebagian dilepaskan kembali dan sebagian dapat diambil sebagai spesimen koleksi. Namun, pelepasan dilakukan setelah semua data dan informasi yang diperlukan selesai dicatat. Spesimen yang akan dilepaskan kembali dapat diambil sampel sayapnya untuk keperluan studi genetika. Pengambilan sampel sayap dapat dilakukan dengan menggunakan alat *wing puncher*, kemudian disimpan di vial yang telah berisi alkohol absolut atau alkohol dengan konsentrasi minimal 95%.

Pengambilan kelelawar sebagai spesimen koleksi diperlukan untuk proses identifikasi (bilamana identifikasi sampai tingkat jenis tidak dapat dilakukan di lapangan) dan koleksi referensi (spesimen tipe; representatif dari area/lokasi yang belum pernah disurvei). Individu kelelawar yang mati di lapangan karena sebab tertentu akan lebih baik untuk dijadikan spesimen koleksi.

Sebelum diawetkan, kelelawar dibunuh dengan membiusnya. Bius yang sering digunakan adalah kloroform atau eter. Cara yang biasa dilakukan adalah dengan membasahi kapas dengan kloroform, kemudian kapas tersebut dimasukkan ke dalam katung plastik berisi kelelawar yang akan dibunuh dan ditutup rapat-rapat. Dengan cara ini kelelawar sudah mati dalam waktu kurang lebih lima menit (Suyanto, 1999). Setiap spesimen diberi nomer lapangan dan label yang berisi informasi terkait spesimen tersebut (Gambar 3.6).

Sumber: Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) (2020)

Gambar 3.6 Contoh Label yang Digunakan untuk Setiap Spesimen

Spesimen yang sudah dilengkapi label dapat dimasukkan ke dalam larutan preservasi sementara di lapangan. Namun, sebelum dimasukkan ke dalam larutan preservasi, sebaiknya diambil terlebih dahulu sampel hati ataupun otot untuk keperluan studi genetika. Sampel berupa potongan hati atau otot ini dimasukkan ke dalam vial yang berisi larutan alkohol absolut atau alkohol dengan kosentrasi minimal 95%, atau larutan RNAlater. Untuk mencegah pembusukan bagian-bagian otot atau daging tebal, maka dilakukan penyuntikan pada bagian-bagian berdaging dengan larutan preservasi (alkohol 95%). Selanjutnya spesimen dapat diawetkan atau dipreservasi dengan cara merendam di dalam alkohol dengan konsentrasi minimal 95%.

<u>ALAT DAN BAHAN:</u>

Kantong belacu, sarung tangan, alat ukur (timbangan pesola, penggaris, kaliper), plastik zip-lock, kapas, label (kertas tahan air dan alkohol), *scalpel* dan mata pisaunya, pensil, buku lapangan, *data sheet*, botol spesimen atau *canoe drum*, kloroform, alkohol (konsentrasi minimal 95%), GPS, dan kamera.

C. Identifikasi

Identifikasi kelelawar dapat dilakukan dengan menggunakan kunci identifikasi, yang biasanya bersifat dikotomi yaitu dengan memberikan dua pilihan karakter yang saling bertentangan. Kunci identifikasi kelelawar dibuat berdasarkan karakter morfologi dan ukuran tubuh, tetapi saat ini sudah mulai dilengkapi dengan frekuensi ekolokasi.

Ciri morfologi yang penting dan digunakan untuk identifikasi kelelawar antara lain: struktur daun hidung dan lipatan kulit tambahan, selaput kulit antar paha, ekor, cakar pada jari sayap kedua, telinga (*tragus* dan *anti tragus*), dan pola warna rambut atau membran sayap (Suyanto, 2001). Selain itu, data ukuran tubuh juga diperlukan dalam proses identifikasi. Panjang lengan bawah (*forearm*) merupakan ukuran yang paling penting dari sekian banyak ukuran tubuh yang telah disebutkan sebelumnya, karena sampai saat ini masih banyak jenis kelelawar yang dibedakan berdasarkan panjang lengan bawah sebagai salah satu ciri utama.

Identifikasi kelelawar tidak hanya berdasarkan pada ciri morfologi dan ukuran tubuh luar, namun beberapa jenis juga memerlukan ukuran tengkorak, serta struktur dan jumlah gigi. Ukuran tengkorak dan gigi yang biasa digunakan untuk identifikasi antara lain: panjang total tengkorak, panjang *condylocaninus*, panjang *condylobasal*, lebar *zygomatic*, panjang dari bagian luar taring sampai dengan gigi geraham paling belakang, dan lebar antara bagian luar gigi geraham kanan dan kiri (Suyanto, 2001).

Beberapa referensi yang dapat digunakan sebagai panduan identifikasi kelelawar di Indonesia antara lain: Payne dkk. (1985), Suyanto (2001), Corbet & Hill (1992), Francis (2008), Kingston dkk. (2006), Flannery (1995a; 1995b), dan Bonnacorso (1998).

Daftar Pustaka

Bonaccorso, F. J. (1998). *Bats of Papua New Guinea*. Conservation International.

Brigham, M. R., Kalko, E. K. V., Jones, G., Parsons S., & Limpens, H. J. G. A. (2002). *Bat echolocation research: tools, techniques and analysis*. Bat Conservation International.

Bumrungsri, S., Harbit A., Benzie, C., Carmouche, K., Sridith, K. & Racey, P. (2008). The pollination ecology of two species of Parkia (Mimosaceae) in southern Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, *24*(05), 467–475. https://www.researchgate.net/publication/231770520_The_pollination_ecology_of_two_species_of_Parkia_Mimosaceae_in_southern_Thailand.

Bumrungsri, S., Sripaoraya, E., Chongsiri, T., Sridith, K., & Racey, P. (2009). The pollination ecology of durian (*Durio zibethinus*, Bombacaceae) in southern Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, *25*(1), 85–92. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093150060.

Carpenter, E., Gomez, R., Waldien, D.L., & Sherwin, R.E. (2014). Photographic estimation of roosting density of Geoffroy's Rousette fruit bat *Rousettus amplexicaudatus* (Chiroptera: Pteropodidae) at Monfort Bat Cave, Philippines. *Journal of Threatened Taxa*, *6*(6), 5838–5844. https://www.researchgate.net/publication/270279984_Photographic_estimation_of_roosting_density_of_Geoffroy's_Rousette_Fruit_Bat_Rousettus_amplexicaudatus_Chiroptera_Pteropodidae_at_Monfort_Bat_Cave_Philippines.

Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, & Sansone, C. G. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *4*(5), 238–243. https://www.researchgate.net/publication/240777783_Economic_value_of_the_pest_control_service_provided_by_Brazilian_Free-tailed_bats_in_south-central_Texas.

Corbet, G. B., & Hill, J. E. (1992). *The mammals of the Indomalayan region: a systematic review* (Vol. 488). Oxford University Press.

Flannery, T. F. (1995b). *Mammals of the south-west Pacific & Moluccan Islands*. Cornell University Press.

Flannery, T.F. (1995a). *Mammals of New Guinea. Revised and Update ed.* Reed Books.

Fleming, T. H. (1991). Following the nectar trail. *Bats*, *9*(4), 4–7. https://www.batcon.org/article/following-the-nectar-trail/.

Francis, C. M. (2008). *A field guide to the mammals of South-East Asia*. New Holland.

Howell, D. J. (1980). Adaptive variation in diets of desert bats has implications for evolution of feeding strategies. *Journal of Mammalogy*, *61*(4), 730–733. https://www.jstor.org/stable/1380323?seq=1.

Kingston, T., Lim, B. L., & Akbar, Z. (2006). *Bats of Krau wildlife reserve*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.

Kunz T., & Parsons, S. (2009). *Ecological and behavioural methods for the study of bats*. The John Hopkins University Press.

Kunz, T. H., de Torrez, E. B., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1223*(1), 1–38. https://www.researchgate.net/publication/50935511_Ecosystem_services_provided_by_bats.

Montserrat, X. P., Torre, I., Baucells, A.L., Guerriere, E., Monti, M. M., Garcia, R. R., Ferrer, X., Gisbert, D., & Flaquer, C. (2015). Pest control service provided by bats in Mediteranean rice paddies: linking agroecosystem structure to ecological functions. *Mammalian Biology, 80*(3), 237–245. https://www.researchgate.net/publication/274406526_Pest_control_service_provided_by_bats_in_Mediterranean_rice_paddies_Linking_agroecosystems_structure_to_ecological_functions.

Payne, J., Francis, C. M., & Philipps, K. (1985). *A field guide to the mammals of Borneo*. Sabah Society and World Wildlife Fund.

Rydell, J., & Russo, D. (2015). Photography as a low-impact method to survey bats. *Mammalian Biology*, *80*(3), 182–184.

Ryser, G. R., & Popovici, R. (2000). The fiscal impact of the congress avenue bridge bat colony on the City of Austin. Laporan tidak dipublikasikan.

SEABCRU Cave Bat Survey Protocol. *Official SEABCRU website*. Retrieved June 28, 2019, from http://www.seabcru.org/?page_id=1137.

Sedlock, J. (2001). Inventory of insectivorous bats on Mount Makiling, Philippines using echolocation call signatures and new tunnel trap. *Acta Chiropterologica*, *3*(2), 163–178. https://www.researchgate.net/publication/289897127_Inventory_of_insectivorous_bats_on_Mount_Makiling_Philippines_using_echolocation_call_signatures_and_a_new_tunnel_trap.

Srithongchuay, T., Bumrungsri, S., & Sripao-raya, E. (2008). The pollination ecology of the late-successional tree, *Oroxylum indicum* (Bignoniaceae)

in Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, *24*(05), 477–484. https://www.researchgate.net/publication/232000085_The_pollination_ecology_of_the_late-successional_tree_Oroxylum_indicum_Bignoniaceae_in_Thailand.

Suyanto, A. (1999). Pengelolaan koleksi mamalia. Dalam Y. R. Suhardjono, *Buku Pegangan Pengelolaan koleksi spesimen zoologi*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Zoologi-LIPI.

Suyanto, A. (2001). *Kelelawar di Indonesia*. Bogor: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Tan, K.H., Zubaid, A., & Kunz, T.H. (2000). Fruit dispersal by the lesser dog-faced fruit bat, *Cynopterus brachyotis* (Muller) (Chiroptera: Pteropodidae). *Malayan Nature Journal*, *54*, 57–62. https://www.researchgate.net/publication/292101385_Fruit_dispersal_by_the_lesser_dog_faced_fruit_bat_Cynopterus_brachyotis_Muller_Chiroptera_Pteropodidae.

Tuttle, M. D. (1994). The lives of Mexican free-tailed bats. *Bats*, *12*(3), 6–14. https://www.batcon.org/article/the-lives-of-mexican-free-tailed-bats/.

Wanger, T. C., Darras, K., Bumrungsri, S., Tschamtke, T., & Klein, A. A. (2014). Bat pest control contributes to food security in Thailand. *Biological Conservation*, *171*, 220–223. https://www.researchgate.net/publication/260251867_Bat_pest_control_contributes_to_food_security_in_Thailand.

Zinn, T. L., & Humphrey, S. R. (1981). Seasonal food resources and prey selection of the southeastern brown bat (*Myotis austroriparius*) in Florida. *Florida Scientist, 44*(2), 81–90. https://www.jstor.org/stable/24319689.

Lampiran 3.1 Contoh Lembar Data Lapangan (*Data Sheet*) untuk Kelelawar yang Tertangkap

Page ______ **SEABCRU Bat Data Sheet** **Instituition:**

Site:			Latitude:			Longitude:							Country:	
Locality Info:														
Habitat Info:														
Field#	Band	Date	Time	Trap#	Spp	Sex	Age	Rep	FA	Wgt	Tb	E	Ec	Comments

Recorded by: ________________

Sumber: SEABCRU Bat Capture Data Sheet (2013)

Lampiran 3.2 Contoh Lembar Data untuk Gua yang Disurvei

DATA GUA				
Nama gua:		Waktu survei (tgl/bulan/tahun):		Halaman _____
Observer:				
Institusi:				
LOKASI				
Negara:	Pulau:	Provinsi:		
Detail lokasi:				
Coordinates WGS84 (decimal degrees)	Latitude:	Longitude:	Akurasi:	
Elevasi (m):		Jarak terdekat dengan jalan (Km):		
Tinggi mulut gua:	Lebar mulut gua:			
Akses/Petunjuk menuju ke gua:		Penanda lokasi:	Nama pemandu lokal:	
Jumlah mulut gua:				
INTENSITAS KUNJUNGAN (pilih salah satu):	1 kunjungan/tahun 1 kunjungan/bulan	1 kunjungan/minggu Setiap hari		
GANGGUAN	Vandalisme Api/kebakaran Tambang	Lainnya:		
	Penangkapan kelelawar Sampah	BUKTI FOTO (Ya / Tidak)		jumlah:
KELELAWAR DAN FAUNA YANG LAIN		**KONTAK PERSON**		
Kelelawar:	Ya Tidak	Nama:		
Jumlah kelelawar:	1-10 10-100 100-1000 1000-10,000 >10,000			
Kelelawar pemakan buah:	tidak tahu ya tidak	Status:	Pemilik Pengelola Lainnya:	
kelelawar pemakan serangga:	tidak tahu ya tidak	Alamat:		
Guano:	tidak ada ada dipanen			
Catatan untuk fauna lain		Kode Pos:		
		telepon:		
		Email		

Sumber: modifikasi dari SEABCRU *Bat Capture Data Sheet* (2013)

Lampiran 3.3 Contoh Lembar Data Survei Kelelawar Gua

DATA SURVEI GUA

Gua: Halaman _____
Observer:
Waktu survei (tgl/bulan/tahun): Waktu survei: mulai________berakhir________
Latitude: Longitude:

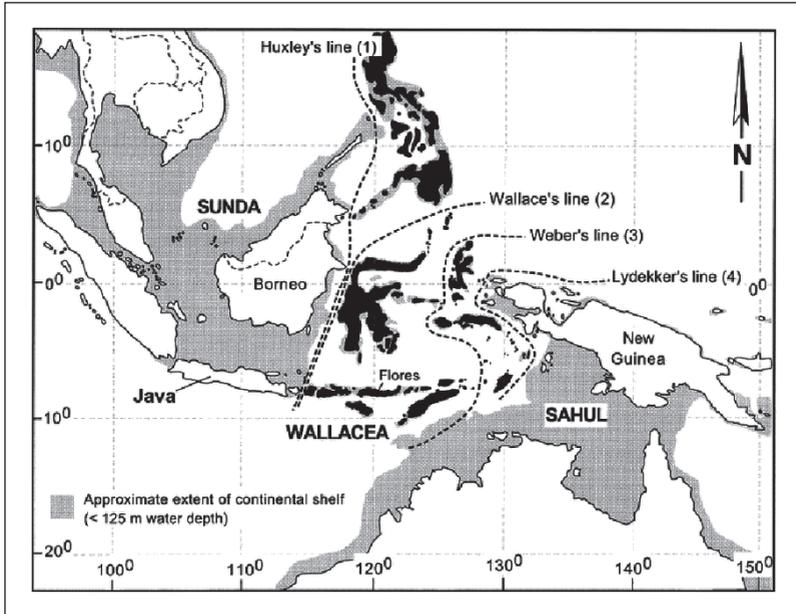
Stasiun	Deskripsi	jarak (m)	tinggi lorong (m)	Lebar lorong (m)	Arah kompas	Suhu udara (C°)	Kelembaban (%)	Air (Ya/Tidak)	Spesies	Estimasi populasi	Metode hitung	Roost: Tinggi (m)	Roost: Jejak (Ya/Tidak)	tebal guano (mm)	CATATAN

Deskripsi: mulut gua, roost, guano, perubahan bentuk fisik gua dll
Jarak: jarak antar stasiun
Roost: tempat bertengger kelelawar
Estimasi populasi kelelawar: 1 = 1-10, 2 = 10-100, 3 = 100-1000, 4 = 1000-10,000, 5 = > 10,000.
Counting Protocol: V = visual, P = photograph, C = capture

Sumber: modifikasi dari SEABCRU *Bat Capture Data Sheet* (2013)

BAB 4
Inventarisasi Mamalia Kecil Darat

Anang Setiawan Achmadi & Endah Dwi Jayanti

Sumber daya hayati Indonesia dikenal dengan keanekaragaman yang tinggi, salah satunya adalah dari sisi fauna. Tingginya keanekaragaman tersebut tidak terlepas dari posisi Indonesia yang sangat strategis yaitu terbentang di garis khatulistiwa yang memiliki garis batas sebaran biologi seperti Wallacea, Weber, dan Lydekker (Gambar 4.1). Salah satu keanekaragaman fauna yang menjadi sorotan ialah mamalia, bahkan beberapa jenis hanya dapat dijumpai di Indonesia. Jumlah jenis mamalia sendiri di Indonesia sampai dengan tahun 2008 terdapat 720 jenis yang terbagi ke dalam lebih dari 10 bangsa atau ordo di antaranya Eulipotyphla, Scandentia, Dermoptera, Chiroptera, Primata, Pholidota, Carnivora, Perissodactylla, Rodensia, dan Cetartiodactylla, dengan jumlah jenis yang terbesar adalah dari kelompok kelelawar (226 jenis) dan tikus (165 jenis).

Sumber: Storm (2001)

Gambar 4.1 Garis Batas Sebaran Biologi di Indonesia, yaitu Garis Wallacea, Weber, dan Lydekker

Karst sebagai suatu ekosistem merupakan habitat dari berbagai jenis mamalia, dan yang paling banyak dijumpai adalah kelelawar. Gua merupakan salah satu pilihan tempat tinggal bagi kelelawar (*roosting place*) dan diketahui bahwa kurang lebih 60% dari jumlah jenis kelelawar tinggal di gua, atau kurang lebih sekitar 135 jenis kelelawar menghuni kawasan karst. Selain kelelawar, beberapa jenis mamalia terestrial lain juga dijumpai di kawasan karst seperti tikus, bajing, dan landak (Ordo Rodensia), cecurut (Eulipotyphla), musang (Karnivora), dan monyet ekor panjang (Primata).

Sampai saat ini, koleksi mamalia di Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) lebih banyak spesimen kelompok mamalia kecil. Yang dimaksudkan dengan mamalia kecil menurut *International Biological Program* adalah jenis-jenis mamalia yang memiliki berat

badan atau bobot badan kurang dari 5 kg. Umumnya yang termasuk dalam kelompok ini adalah tikus, cecurut, tupai, bajing, dan kelelawar. Tulisan ini disusun dengan tujuan memberikan informasi tentang inventarisasi mamalia kecil darat yang terdapat di kawasan karst dari mulai tata cara koleksi atau prosedur koleksi, proses preservasi atau pengawetan spesimen, prosedur pengambilan data, dan pengelolaan spesimen di laboratorium.

A. Metode dan Prosedur Koleksi

Sebelum melakukan penangkapan atau koleksi mamalia kecil, sebaiknya pengetahuan mengenai habitat serta sebaran jenis berdasarkan pulau dan ketinggian dikuasai terlebih dahulu. Hal ini akan mempermudah dalam proses identifikasi dan mengurangi kesalahan dalam pemilihan lokasi terkait dengan target jenis yang akan dikoleksi.

Prosedur koleksi mamalia kecil dilakukan dengan penangkapan langsung dan tidak langsung, atau dengan menggunakan alat. Salah satunya dengan perangkap. Secara garis besar ada dua macam perangkap:

Perangkap mati (*dead traps*): Meliputi perangkap jepit/sentek dan jerat. Sistem kerja alat ini menyebabkan binatang yang tertangkap mati atau cedera (Gambar 4.2C). Pertama-tama, perangkap diberi umpan. Ketika umpan digigit binatang target, per pada perangkap bekerja dan binatang akan terjepit erat pada perangkap. Umpan yang digunakan tergantung binatang targetnya, tetapi dapat berupa kelapa bakar yang diolesi dengan selai kacang, campuran antara selai kacang dan petis udang, ikan asin, dan buah-buahan tertentu seperti pisang atau sawit pada lokasi penelitian yang dekat dengan kebun sawit (biasa digunakan untuk kelompok tikus, bajing, dan cecurut).

Perangkap hidup (*life traps*): Meliputi perangkap kurungan dari anyaman kawat lokal (*Kasmin trap*) (Gambar 4.2B), perangkap Sherman (Gambar 4.2A), dan perangkap sumuran (*pitfall traps*) (Gambar 4.2D–E). Dengan menggunakan perangkap ini, binatang yang tertangkap masih hidup.

Perangkap Sherman dan Kasmin: Memiliki bentuk dan cara kerja yang mirip, perbedaannya hanya terletak pada bahan. Perangkap Sherman dari logam tipis (Gambar 4.2A), sedangkan Kasmin terbuat dari anyaman kawat (Gambar 4.2B). Umpan yang digunakan tergantung pada binatang target yang diinginkan.

Perangkap sumuran berbatas: Perangkap yang dipasang sebagai jebakan berupa lubang yang dibuat dengan menanamkan ember (25–30 liter) ke dalam lubang berukuran diameter atas 20–25 cm dan kedalaman 30–35 cm. Di atas permukaan lubang dipagari atau dibatasi dengan menggunakan terpal untuk menghadang binatang target yang lewat agar terjerumus ke dalam lubang yang dibuat. Perangkap macam ini dapat diberi umpan berupa cacing atau umpan sama seperti di atas, selain itu juga dapat dipasang tanpa umpan. Pemasangan dapat dilakukan beberapa hari, namun setiap 6 jam harus diamati untuk dilihat apakah ada binatang yang terperangkap.

Perangkap sumuran biasa terbuat dari ember plastik dengan dinding dalam yang licin. Perangkap ini dimaksudkan untuk menangkap mamalia kecil seperti tikus, cecurut, atau kelompok amfibi dan reptil seperti kadal, kodok ataupun ular kecil. Pemasangan perangkap dapat beberapa hari, tetapi harus sering diamati paling tidak 2–4 kali dalam 24 jam.

Ket.: A. *Sherman trap*; B. *Kasmin trap*; C. *Victor snap trap*; D. *Pitfall line trap*; dan E. *Single pitfall trap*.

Foto: Achmadi (2015)

Gambar 4.2 Berbagai Jenis Perangkap yang Digunakan dalam Mengoleksi Mamalia Kecil Darat

B. Pemasangan Perangkap

Keberhasilan penangkapan mamalia kecil sangat tergantung pada waktu, lokasi, jenis umpan yang digunakan, dan faktor lingkungan. Pemasangan perangkap sebaiknya dilakukan pada sore hari menjelang malam, karena sebagian besar mamalia kecil sangat aktif pada malam hari (nokturnal) seperti tikus dan cecurut. Perangkap sebaiknya diikat menggunakan tali rafia terutama perangkap mati/sentek untuk menjaga jangan sampai tikus masih dapat bergerak walaupun sudah terperangkap atau dibawa oleh hewan lain seperti musang atau babi hutan apabila lokasi perangkap berada di dalam hutan. Satu hal yang penting dilakukan adalah memasang tanda pada tempat pemasangan perangkap. Tanda yang dipasang sebaiknya mudah dilihat dan berbeda warna dengan lingkungan sekitarnya. Biasanya digunakan bahan yang mengkilap dan berwarna mencolok (*flagging tape*) sehingga

memudahkan pada saat pencarian kembali perangkapnya. Pastikan perangkap pada saat akan dipasang dalam kondisi yang baik terutama pemicu (*trigger*). Pintu perangkap dapat bekerja dengan baik pada saat umpan dimakan oleh binatang target sehingga pintu dapat tertutup dengan sempurna.

Dalam setiap lokasi dengan luasan sekitar 1 hektare dapat dipasang sebanyak sekitar 100 buah perangkap Kasmin atau Sherman secara acak, mengikuti perkiraan lintasan binatang target. Biasanya perangkap dipasang pada pagi hari dan diamati pada sore, malam, atau dini hari. Binatang yang terperangkap segera dimasukkan ke dalam kantong belacu dan dikumpulkan di penginapan atau laboratorium. Umpan yang habis segera diganti yang baru, dan perangkap dapat dipasang kembali, berpindah tempat atau hanya bergeser sedikit dari pemasangan awal. Dalam survei, perangkap Kasmin dapat dipasang selama 3 hari berturut-turut.

Berbeda dengan metode yang lain, perangkap sumuran yang kecil dapat dipasang dalam jumlah yang lebih sedikit. Sedangkan perangkap sumuran berbatas dapat dipasang dalam jumlah banyak, misalnya 100 perangkap/hektare. Perangkap sumuran yang besar dapat dipasang sebanyak 25–50 perangkap/hektare. Sama dengan pemasangan perangkap Kasmin, perangkap sumuran sebaiknya diletakkan pada jalur-jalur lintasan binatang target. Penghitungan populasi dapat dilakukan melalui jumlah individu tertangkap/jumlah perangkap dalam luasan area tertentu.

C. Prosedur Penanganan Spesimen

Koleksi spesimen dilakukan di lapangan, meskipun demikian prosedur yang dikerjakan harus tetap mengikuti tata cara baku. Metode baku ini harus diikuti secara berurutan dan menggunakan bahan yang sudah ditentukan.

1. Pengumpulan Spesimen dari Perangkap

Hewan yang terperangkap hidup maupun mati harus secepatnya dimasukkan ke dalam kantong belacu (1 kantong belacu untuk 1 spesimen), lalu kemudian dicatat kondisi mikrohabitat di sekitar

perangkap seperti di bawah batang pohon tumbang, selokan/sungai kecil, dan di samping akar banir pohon. Umpan yang sudah habis atau dikerumuni semut segera diganti dengan umpan yang baru bilamana perangkap akan dipasang kembali. Spesimen mamalia kecil yang diperoleh dari perangkap yang sudah mati harus menjadi prioritas untuk diproses lebih dulu, karena menghindari pembusukan dan rusaknya spesimen tersebut, baru setelah itu dilanjutkan penangan spesimen hidup. Proses awal di lapangan akan menentukan kualitas spesimen untuk dijadikan koleksi. Oleh karena itulah, spesimen yang diperoleh harus secepat mungkin diawetkan, setelah data spesimen tercatat.

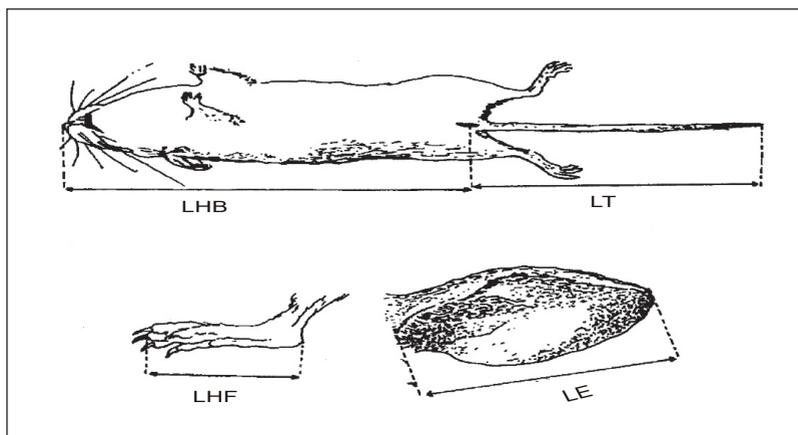
2. Prosedur Pembiusan (Euthanasia) dan Pemasangan Label Lapangan

Spesimen hidup yang sudah berada di dalam kantong belacu dimasukkan ke dalam kantong plastik, kemudian persiapkan kapas, lalu tumpahkan cairan *Chloroform* (pembius) ke dalam kapas dan masukkan kedalam kantong plastik yang berisi kantong belacu tersebut, lalu ikat dengan kuat bagian atas kantong plastik sehingga tidak ada aliran udara dapat masuk ke dalam plastik. Untuk memastikan spesimen di dalam kain kantong belacu sudah mati, kita bisa mendeteksi adanya denyut pada jantungnya atau tidak.

Untuk menjaga keakuratan data, hal yang paling penting dilakukan adalah penempelan label sementara pada tubuh spesimen, biasanya diikatkan pada kaki belakang tikus, untuk menjaga agar tidak terjadi tertukarnya data antar spesimen berikut sampel turunannya seperti spesimen ektoparasit dan endoparasit, organ tubuh dan jaringannya. Label harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap alkohol seperti pita Dymo, kertas kalkir, atau kertas perkamen. Demikian juga dengan alat tulis yang digunakan, harus tidak mudah luntur dalam alkohol atau formalin seperti pensil atau rafidograf dengan tinta cina.

3. Pengambilan Data Spesimen

Selain data morfologi (karakter eksternal–Gambar 4.3), informasi yang berkaitan dengan data individu setiap spesimen seperti ada/

tidaknya ektoparasit dan endoparasit, serta potongan jaringan (*tissue*) penting yang diambil harus dicatat. Maka dari itu pemberian label yang diikat pada setiap individu spesimen inang (*host*) sangat penting, hal ini untuk menghindari tertukarnya data ektoparasit dan endoparasit atau informasi lainnya. Pemberian label harus dilakukan sebelum data spesimen diambil (dicatat) sehingga data ektoparasit, endoparasit, dan jaringan (*tissue*) lainnya bisa mengikuti label spesimen inangnya. Label yang sama dengan inangnya akan memudahkan dalam menelusuri ulang data di kemudian hari, terutama apabila penyimpanan spesimen inang (*host*) berbeda unit atau tempatnya dengan spesimen tambahan seperti ektoparasit, endoparasit, dan jaringan (*tissue*) lainnya.

Sumber: Maryanto (2003)

Gambar 4.3 Karakter Morfologi Eksternal dan Prosedur Pengukuran pada Spesimen Mamalia Kecil Darat

Pengukuran karakter morfologi eksternal pada mamalia kecil darat meliputi *Length of Head and Body* (LHB) yakni panjang yang diukur mulai dari ujung hidung sampai dengan pangkal ekor atau anus; *Length of Tail* (LT) diukur dari pangkal ekor sampai dengan ujung ekor; dan *Hind Foot length* (HF) panjang telapak kaki belakang diukur dari ujung tumit sampai ujung jari kaki terpanjang. Pengukuran

HF tanpa cakar kaki disebut *sine unguis* (s.u.), sedangkan pengukuran berikut cakar disebut *cum unguis* (c.u.). *Length of Ear* (LE) diukur dari pangkal telinga sampai dengan ujung daun telinga terjauh. *Weight* (Wt) berat tubuh keseluruhan diukur dalam satuan gram. Semua ukuran selain berat tubuh diukur dalam satuan milimeter (mm) (Gambar 4.3).

Selain pengukuran standar yang dilakukan di atas, informasi penting lain yang perlu dicatat dari tiap spesimen yang diperoleh agar datanya lengkap dan bernilai ilmiah, di antaranya adalah: 1) nama jenis ilmiah dan juga nama lokal (daerah); 2) jenis kelamin: untuk jantan diberi lambang M atau *Male*, betina diberi lambang F untuk *Female*; 3) umur/status pertumbuhan: dicatat dengan huruf J (*Juvenile*) untuk spesimen anakan, SA (*Sub Adult*) untuk spesimen muda (organ reproduksi belum berkembang), dan A (*Adult*) dewasa yang dicirikan sudah terlihat puting susu untuk betina dan testis yang menggantung untuk jantan; 4) lokasi: nama kampung/desa berikut kecamatan dan kabupaten/kodya dan provinsi; 5) titik koordinat: data derajat lintang dan bujur yang bisa diperoleh dari peta atau alat GPS; 6) ketinggian atau *altitude* dalam meter (m) di atas permukaan laut (dpl) yang dapat diperoleh dari alat altimeter; 7) tanggal/bulan/tahun saat koleksi dilakukan; 8) alat yang digunakan untuk menangkap atau metode koleksi yang digunakan, seperti tangkap langsung dengan tangan, ditembak, perangkap, jerat, membeli dari penduduk atau yang lainnya; 9) nama kolektor; 10) tipe habitat atau vegetasi di lokasi spesimen yang ditangkap; 11) data ukuran (morfometrik) dan kondisi reproduksi spesimen seperti data jumlah puting susu pada bagian dada dan perut juga penting untuk dicatat, kondisi puting susu mengeluarkan cairan (laktasi) atau tidak, juga kondisi testis pada tikus jantan apakah menggantung (scrotal) atau tidak (abdominal atau inguinal); dan 12) prosedur pengawetan yang dilakukan.

4. Prosedur Pengawetan Spesimen

Ada beberapa macam proses pengawetan spesimen yang dapat dilakukan, bergantung pada jenis dan tipe koleksi yang akan dibuat.

Namun, secara garis besar ada dua macam pengawetan spesimen, yaitu koleksi kering (*dry specimen*) dan koleksi basah (*wet specimen*). Kedua macam cara pengawetan tersebut memiliki fungsi yang sama, tetapi masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Koleksi kering pengerjaannya lebih rumit tetapi lebih hemat ruang penyimpanan. Sebaliknya, koleksi basah lebih sederhana prosesnya namun warna spesimen kadang-kadang memudar di dalam alkohol, di samping itu juga memerlukan ruang penyimpanan lebih luas.

a) Koleksi Kering (*Dry Specimen*)

Proses pengawetan spesimen kering dilakukan dengan waktu yang lama dibandingkan dengan metode pengawetan yang lain. Spesimen kering ini dibuat dengan tujuan untuk mencegah terjadinya perubahan warna yang biasa terjadi dalam pengawetan basah. Secara garis besar ada dua macam koleksi kering, yaitu koleksi kulit (*skinning*) dan tulang tengkorak (*skulling*). Masing-masing jenis koleksi memiliki proses pengawetan yang berbeda (Gambar 4.4). Gambar spesimen menunjukkan koleksi kering dari kulit yang dibentuk kembali seperti ketika hidup. Pada spesimen ini, tulang kepala sudah diambil menjadi koleksi tengkorak yang terpisah penyimpanannya dengan kulit.

Sumber: Suyanto (2006)

Gambar 4.4 Sampel Koleksi Kering (*Dry Skin*)

b) Koleksi Basah (*Wet Specimen*)

Koleksi basah umumnya berupa tubuh spesimen yang masih utuh yang direndam dalam larutan pengawet alkohol 70%. Prosesnya relatif lebih mudah dilakukan daripada koleksi kering. Spesimen dari lapangan difiksasi dalam *formaldehyde* 25% selama minimal 2 x 24

jam untuk mematikan semua sel-sel tubuh agar tidak membusuk. Setelah difiksasi spesimen dicuci untuk menghilangkan larutan formalin melalui proses perendaman dalam air selama 1 x 24 jam. Apabila dianggap larutan fiksasi sudah hilang, spesimen ditiriskan, lalu setelah dianggap kering dapat langsung dimasukkan ke dalam botol koleksi yang diisi oleh alkohol 70%. Di dalam botol koleksi ini, tubuh spesimen harus seluruhnya terendam larutan pengawet. Sebaiknya tengkorak spesimen dikeluarkan untuk dibersihkan. Tengkorak ini berguna bila diperlukan kepastian validasi nama jenis. Pemantauan kepekatan larutan alkohol dapat dilakukan dengan memeriksa warnanya. Apabila berubah warnanya menjadi keruh kekuningan, larutan harus cepat diganti (Gambar 4.5). Di samping warna yang berubah, perubahan bau alkohol juga dapat digunakan untuk indikator penuruan kadarnya.

Ket.: Spesimen harus terendam di dalam alkohol

Foto: Achmadi (2015)

Gambar 4.5 Contoh Koleksi Basah Mamalia Kecil dalam Larutan Alkohol 70%

5. Prosedur Identifikasi dan Validasi Spesimen

Identifikasi jenis dilakukan di lapangan biasanya bersifat sementara sehingga diperlukan kepastian nama jenis yang benar. Oleh karena

itu, diperlukan data penunjang untuk validasi jenis dengan menggunakan tengkorak. Tengkorak diukur sesuai standar ukuran karakter tengkorak (lihat karakter eksternal yang harus diukur). Ukuran tubuh (eksternal) untuk masing-masing jenis tikus atau mamalia kecil lainnya sulit digunakan untuk pegangan identifikasi karena kadang karakternya tumpang tindih. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada saat melakukan proses identifikasi untuk meminimalisasi kesalahan sebagai berikut.

a) Pengamatan ciri morfologi

Mengenal ciri-ciri (karakter) morfologi mamalia kecil (contohnya rodensia dan insektivora) sangat penting guna membantu dalam proses penentuan nama jenis. Ada dua macam karakter yang menjadi standar dalam memudahkan kita mengidentifikasi jenis, salah satunya adalah morfologi luar (*external characters*) yang meliputi:

1) warna rambut pada bagian punggung (*dorsal*) berbeda jelas dengan warna pada bagian perut (*ventral*);
2) warna ekor bagian atas berbeda/ tidak dengan bagian bawah;
3) ukuran panjang tubuh;
4) ukuran panjang ekor;
5) ukuran panjang telapak kaki;
6) ukuran panjang telinga;
7) jumlah puting susu;
8) catatan tambahan bilamana ada bagian tubuh yang putus atau cacat, misalnya ujung ekor dan telinga supaya tidak membingungkan pada saat identifikasi jenis.

Selain karakter tersebut, identifikasi juga dilakukan berdasarkan karakter pada tengkorak dengan menggunakan *craniometrics measurements*. Biasanya dilakukan pada jenis-jenis yang memiliki karakter yang sangat rumit dan spesifik, serta saling tumpah tindih dengan jenis yang lain.

b) Mencocokan dengan spesimen museum

Pada jenis-jenis yang umum, proses identifikasi biasanya dilakukan dengan mencocokan spesimen dengan koleksi yang ada di MZB dan sudah dinyatakan valid. Hal ini dilakukan apabila jumlah individu yang dikoleksi sangat banyak dalam satu jenisnya sehingga dapat mempersingkat waktu.

c) Penggunaan kunci identifikasi dan pustaka acuan

Sumber pustaka tentang mamalia kecil di Indonesia masih sangat sedikit, lebih banyak ditemukan dalam publikasi atau jurnal internasional. Penggunaan sumber pustaka sangat penting dilakukan agar validitas dalam identifikasi dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Beberapa sumber pustaka yang dapat digunakan adalah *Rodent di Jawa* (Suyanto, 2006), *The Mammals of the Indomalayan Region: A systematic review (*Corbet & Hill, 1992*), A Field Guide to the Mammals of Borneo* (Payne dkk., 1985), dan *Checklist of the Mammals of Indonesia; Scientific Names and Distribution Area Table in Indonesia Including CITES, IUCN and Indonesian categories for conservation* (Suyanto dkk.. 2002*)*.

6. Pengelolaan Spesimen Koleksi

Spesimen awetan fauna berupa koleksi ilmiah untuk keperluan penelitian perlu dijaga dan dirawat agar terhindar dari kerusakan. Oleh karena itu, perlu dibuat suatu prosedur diagnostik yang dapat mengidentifikasi dan mengantisipasi kerusakan-kerusakan yang akan timbul pada koleksi yang disimpan. Pengetahuan mengenai bahan koleksi yang dirawat dan lingkungan ruang penyimpanan, akan sangat membantu dalam melakukan perawatan spesimen awetan fauna. Sehingga kondisi koleksi dapat dipertahankan dan dapat dinikmati para pemakai untuk jangka waktu lama.

Untuk menjaga keamanan dan keawetan koleksi ilmiah diperlukan suatu tata cara pemeliharaan koleksi guna mencegah kerusakan koleksi oleh para pengguna maupun perawat koleksi. Lingkungan sekitar koleksi seperti kondisi ruangan, pencahayaan,

sistem registrasi koleksi, dan pengamanan ruangan koleksi banyak menentukan berhasil tidaknya pemeliharaan koleksi awetan fauna.

a) Ruangan Koleksi

Ruang koleksi ilmiah merupakan ruangan yang menyimpan koleksi yang terbuat dari bahan organik berupa awetan kulit binatang yang peka terhadap perubahan suhu, kelembapan, dan cahaya. Kondisi ruangan tempat penyimpanan spesimen sangat penting dalam menentukan keselamatan dan keutuhan spesimen koleksi selama dalam proses penyimpanan. Ruangan *display* yang menyimpan koleksi organik seperti awetan kulit dan lukisan harus bersuhu 17–21°C dengan kelembapan udara nisbi (RH) 50–60%. Suhu di atas 25°C akan menyebabkan kerusakan spesimen koleksi, demikian pula kelembapan yang terlalu rendah berakibat kulit mudah sobek atau pecah-pecah. Fluktuasi atau naik turunnya kelembapan dan suhu harus menjadi perhatian utama, yaitu tidak lebih dari 10°C. Perbedaan suhu ± 1– 5°C per jam masih dapat ditoleransi.

1. Perawatan Ruang Koleksi

Ruangan koleksi yang terpelihara dengan bersih dan dilengkapi dengan sarana penunjang lainnya seperti *air conditioner* (AC), *dehumidifier*, alat penyedot debu (*vacuum cleaner*), dan peralatan pengontrol suhu (Thermometer) dan kelembapan (Hygrometer) mutlak diperlukan dalam penanganan perawatan ruangan.

Ruangan harus selalu tertutup, lantai selalu terjaga kebersihannya, dan seluruh lampu ruangan dimatikan apabila tidak ada orang di dalam ruangan. Indikator suhu dan kelembapan (*humidity*) yang dipasang di ruangan koleksi harus selalu diperiksa untuk menjaga terjadinya lonjakan perubahan suhu dan kelembapan yang dapat mengakibatkan kerusakan koleksi.

2. Perawatan Koleksi

Koleksi berupa awetan fauna merupakan koleksi organik yang mudah rusak karena faktor lingkungan, seperti fluktuasi suhu dan kelembapan. Koleksi spesimen organik mempunyai kandungan air

di dalamnya. Kandungan air yang terdapat pada koleksi organik akan selalu berusaha menyeimbangkan dengan uap air yang ada di sekitarnya.

Untuk menjaga spesimen koleksi tetap awet dan bersih, kondisi suhu, kelembapan, dan kebersihan harus selalu tetap terjaga. Tindakan-tindakan pencegahan dengan tetap menjaga kondisi ruangan seperti yang dipersyaratkan di atas akan secara langsung dapat mencegah serangan jamur, debu, dan serangga hama. Berikut langkah-langkah preventif yang harus dilakukan:

a) Menjaga agar spesimen tetap kering dan bebas dari debu. Untuk itu perlu memperhatikan dengan sungguh-sungguh kondisi suhu, kelembapan, dan kebersihan ruangan.
b) Sebaiknya diberlakukan larangan membawa makanan dan minuman ke dalam ruangan. Ruangan koleksi harus selalu tertutup. Hal ini untuk mencegah serangga hama datang, juga dari sisa makanan maupun debu dan benda lain yang dapat memengaruhi suhu dan kelembapan ruangan.
c) Dalam melakukan pembersihan spesimen dari debu, tangan yang memegang spesimen harus memakai sarung tangan karet dan menggunakan kuas halus.
d) Melakukan pemantauan kerusakan spesimen secara teratur seperti terdapat rambut/bulu yang lepas (rontok) atau adanya butiran-butiran kotoran serangga yang harus diwaspadai.
e) Menaruh *insect repellent* (zat penghalau serangga) di dalam lemari/rak koleksi secukupnya, seperti kamper (kapur barus).

Daftar Pustaka

Corbet, G. B. & Hill, J. E. (1992). *The mammals of the Indomalayan region: A Systematic review.* Oxford University Press.

Francis, C. M. (2008). *A field guide to the mammals of South-East Asia.* Asia Books.

Maryanto, I. (2003). Taxonomic status of the ricefield rat *Rattus argentiventer* (Robinson and Kloss, 1916) (Rodentia) from Thailand, Malaysia and Indonesia based on morphological variation. *Records-Western Australian Museum*, *22*(1), 47–66.

Payne, J., Francis, C. M., & Philipps, K. (1985). *A field guide to the mammals of Borneo*. Sabah Society and World Wildlife Fund.

Storm, P. (2001). The evolution of humans in Australasia from an environmental perspective. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *171*(3–4), 363–383. https://www.researchgate.net/publication/223178745_The_Evolutionary_History_of_Humans_in_Australasia_from_an_Environmental_Perspective.

Suyanto, A., Yoneda, M., Maryanto, I., Maharadatunkamsi, & Sugardjito, J. (2002). *Checklist of the mammals of Indonesia* (2nd Ed). LIPI-JICA.

Suyanto, A. (2006). *Rodent di Jawa*. LIPI-Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian Biologi, LIPI.

BAB 5
Inventarisasi Burung

Tri Haryoko

Dalam pengelolaan suatu wilayah terutama yang berkaitan dengan upaya konservasi, data mengenai keanekaragaman dan kekayaan jenis, populasi serta komunitas burung di wilayah tersebut menjadi suatu hal yang sangat penting (Novarino, 2005). Indonesia memiliki 1598 jenis burung, yang terdiri dari 19 ordo dan 96 famili (Sukmantoro dkk. 2007), dan sampai kini tercatat 1786 jenis dengan jenis-jenis endemik sekitar 417 jenis (Handbook of the Birds of the World, 2019). Dari ribuan jenis tersebut masing masing burung memiliki peran yang penting dalam suatu ekosistem, diantaranya sebagai pengendali hama, pemencar biji, dan penyerbuk.

Keberadaan burung dalam suatu ekosistem seringkali digunakan juga sebagai indikator perubahan kualitas lingkungan, kajian keanekaragaman hayati, dan penentuan status kawasan konservasi (BirdLife International, 2004). Hal ini karena keanekaragaman burung sangat dipengaruhi oleh perubahan faktor biotik dan abiotik dalam jangka pendek ataupun jangka panjang (Erard, 1989). Jika suatu jenis burung mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, jenis tersebut akan tetap ada dalam suatu komunitas. Apabila jenis tersebut tidak mampu beradaptasi maka akan tersingkir atau bahkan dapat mengalami kepunahan. Oleh karena itu, inventarisasi jenis burung

dalam suatu ekosistem sangat diperlukan sebagai data dasar pertimbangan dalam pengelolaan suatu kawasan termasuk karst.

Burung merupakan salah satu hewan yang paling mudah untuk diinventarisasi, karena kebanyakan burung memiliki bulu berwarna-warni yang khas, suara masing-masing yang jelas, dapat dijumpai sepanjang tahun, dan berukuran tubuh sedang sampai besar sehingga relatif mudah dilihat. Panduan lapangan pengamatan burung di seluruh bagian dunia dengan kualitas yang baik sudah tersedia sehingga dapat digunakan dengan baik oleh pengamat dan peneliti profesional, amatir maupun pemula. Para pengamat mempunyai peranan yang sangat efektif dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan berdasarkan indikator pola populasi burung liar dalam pembangunan berkelanjutan (Gibbons & Gregory, 2006).

Dalam melakukan inventarisasi telah dikembangkan berbagai metode untuk mendapatkan data keanekaragaman jenis burung. Namun, yang menjadi pokok utama dalam inventarisasi burung adalah pengenalan dan deskripsi jenis sehingga data yang diperoleh merupakan data yang berkualitas, akurat, tepat, dan tidak bias. Pencatatan karakter ataupun ciri-ciri morfologi, perilaku, dan suara menjadi informasi penting dalam identifikasi jenis burung. Identifikasi burung akan lebih mudah dilakukan dengan cara mengenal karakter utama setiap kelompok burung, seperti ukuran tubuh, bentuk paruh, bentuk kaki, corak dan warna bulu, perilaku dan penampilan ketika terbang, hinggap, mencari makan dan kawin), jenis pakan, dan lain-lain. Pembuatan sketsa berdasarkan topografi burung akan sangat membantu dalam identifikasi jenis.

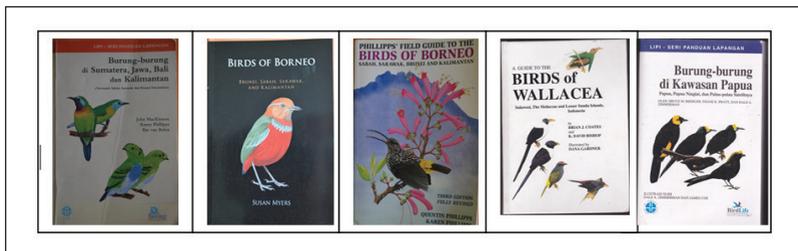
Burung merupakan salah satu fauna penting yang memiliki daya tarik bagi ilmuwan dan pemerhati lingkungan untuk melakukan berbagai penelitian dan pengumpulan data di hampir seluruh kawasan di dunia ini. Oleh karena itu, informasi yang tersedia relatif paling lengkap dibandingkan kelompok fauna lainnya. Kegiatan inventarisasi jenis burung pada dasarnya adalah pembuatan daftar jenis dari hasil identifikasi yang telah dilakukan melalui metode pengambilan data secara baik dan benar. Dengan menggunakan metode survei yang

standar, akan diperoleh data yang akurat sehingga dapat digunakan secara tepat untuk pengelolaan kawasan terkait.

A. Peralatan Identifikasi dan Pengamatan Burung

Dalam penelitian burung, kadang-kadang tidak diperlukan penangkapan untuk koleksi spesimen, tetapi diharuskan melakukan pengamatan dengan jeli pada burung-burung yang terlihat di alam. Sebelumnya sudah diuraikan bahwa burung memiliki karakter yang mudah dikenali. Namun, dalam pengamatan dan juga inventarisasi burung, beberapa peralatan standar masih diperlukan. Peralatan standar tersebut adalah:

1) Buku panduan lapangan

Buku panduan lapangan merupakan buku yang menjadi acuan pengenalan identifikasi Indonesiais burung di Indonesia yang sudah dilengkapi dengan foto/gambar/ ilustrasi jenis burung, nama ilmiah/ nama umum serta informasi lain seperti daerah sebaran, habitat, dan status jenisnya (endemik, umum, atau migran). Dengan demikian, buku ini akan sangat membantu mengenali jenis burung yang diamati di lapangan. Buku panduan lapangan jenis-jenis burung di Indonesia sudah banyak tersedia dengan kualitas baik, informasi lengkap, serta ilustrasi/foto dan atau gambar. Beberapa contoh buku pandIndonesia-gan pengenalan jenis burung di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Sumber: Foto dari lima panduan lapangan pengenalan jenis burung di Indonesia oleh Haryoko (2019)

Gambar 5.1 Buku Panduan Lapangan Pengenalan Jenis Burung di Indonesia

2) Teropong/binokuler

Alat ini berguna untuk mengamati burung yang ada pada ketinggian, baik sedang bertengger maupun terbang.

3) Lembar data atau borang pengamatan

Lembar data ini sangat membantu dalam perekaman data selama di lapangan. Pada lembar data ini sudah dilengkapi dengan butir-butir isian tentang informasi yang harus dikumpulkan.

4) Buku catatan dan alat tulis

Buku catatan lapangan ini diperlukan untuk mengumpulkan informasi yang mungkin belum tersedia di dalam lembar data. Pada buku lapangan ini dapat ditulis secara lengkap keseluruhan informasi yang diperoleh selama di lapangan. Oleh karena itu, informasi di dalam buku catatan ini akan sangat berguna ketika menyusun laporan atau menulis karya ilmiah.

5) *Global Positioning System* (GPS)

GPS adalah alat yang digunakan untuk mengetahui posisi ketika pengamatan dilakukan, yaitu data koordinat (dari garis lintang dan bujur). Informasi koordinat ini berguna dalam penentuan peta sebaran burung yang diamati.

6) Jaring kabut

Jaring kabut adalah salah satu macam jaring yang digunakan untuk menangkap burung. Jaring ini terdiri atas beberapa tipe ukuran, baik ukuran panjang dan lebarnya, serta ukuran mata jaringnya. Untuk beberapa tujuan kegiatan penelitian, jaring kabut diperlukan untuk melakukan penangkapan burung guna membuat spesimen bukti sehingga identifikasi jenisnya lebih akurat.

7) Alat pengukur morfologi burung (timbangan, penggaris, kaliper)

Spesimen yang terperangkap pada jaring kabut dikoleksi dan diidentifikasi. Dalam proses identifikasi diperlukan pengukuran bagian tubuh yang menjadi karakter kunci jenis yang bersangkutan. Adapun beberapa alat pengukur morfologi yang digunakan adalah timbangan, penggaris, dan kaliper. Karakter morfologi yang diukur antara lain berat tubuh, panjang total, rentang sayap, panjang sayap, panjang ekor, panjang paruh, serta panjang dan diameter tarsus. Pada umumnya karakter yang diukur dibuat dalam lembar data khusus pengukuran morfologi.

8) Alat perekam suara

Setiap jenis burung memiliki suara yang khas, hanya beberapa jenis yang apabila dilatih dapat meniru suara dari jenis lainnya. Oleh karena itu, perekaman suara akan sangat membantu dalam pengenalan.

9) Kamera

Kamera dapat membantu merekam data terutama warna tubuh ketika burung masih hidup. Kamera video akan sangat membantu dalam merekam perilaku burung di lapangan. Kamera dengan kekuatan pembesaran yang tinggi sangat membantu dalam pengamatan dan identifikasi jenis burung-burung kecil yang menyukai hinggap di pohon-pohon tinggi. Tentu saja semakin banyak informasi dalam bentuk rekaman foto dan video akan mempermudah pengenalan burung yang diamati. Dokumentasi berupa rekaman suara, foto, video harus disimpan dengan baik karena mempunyai nilai ilmiah yang tidak kalah pentingnya dengan spesimen burungnya sendiri.

10) Jam tangan

Jam tangan digunakan untuk merekam informasi waktu yang terkait dengan aktivitas burung. Catatan waktu sangat membantu dalam mempelajari perilaku dan aktivitas burung.

B. Waktu dan Durasi Pengamatan

Waktu pelaksanaan pengamatan sangat tergantung pada pola aktivitas jenis target burung yang akan digunakan untuk penelitian. Waktu yang tepat untuk melakukan pengamatan adalah ketika burung-burung sedang dalam aktivitas puncak aktifnya. Pada periode ini burung akan cenderung bergerak lincah berpindah tempat, mencari makan, dan berkicau atau bersuara sehingga memberi kemungkinan lebih banyak jenis burung yang dapat teramati dan tercatat selama pengamatan. Pada umumnya aktivitas aktif tertinggi dilakukan oleh burung pada pagi hari berkisar 06.00–09.30 dan sore hari berkisar jam 15.00–17.30. Namun, waktu pengamatan tersebut juga dapat berbeda di setiap wilayah waktu bagian yang berbeda atau juga pada perbedaan musim. Boleh jadi pada pukul 06.00 di beberapa tempat sudah terlihat terlalu siang atau terlalu pagi, begitu juga pukul 17.30 di suatu wilayah masih terlihat terlalu terang atau sebaliknya sudah terlalu malam. Oleh karena itu, untuk menentukan waktu pengamatan yang tepat perlu dilakukan observasi pendahuluan untuk mengetahui waktu aktivitas aktif burung. Untuk jenis burung yang aktif pada malam hari (nokturnal) seperti burung hantu, diperlukan alokasi waktu pengamatan pada malam hari untuk mendapatkan kesempatan mencatatnya, baik melalui identifikasi langsung maupun suara termasuk aktivitasnya.

C. Metode Inventarisasi

Sebelum menentukan metode apa yang digunakan dalam kegiatan inventarisasi burung, ada hal mendasar yang harus dilakukan terlebih dahulu, yaitu membuat rancangan/desain survei (Winarni, 2015). Desain survei merupakan metode ilmiah yang dimulai dengan mencari atau melihat permasalahan, menentukan tujuan, merencanakan metode yang digunakan, melakukan penelitian dan analisis data. Dengan desain yang benar mengikuti kaidah ilmiah maka survei inventarisasi akan menghasilkan data yang baik, benar dan berkualitas sehingga dapat menggambarkan dan mendeskripsikan jenis burung mendekati kondisi ideal yang ada dalam kawasan tersebut.

Untuk mendapatkan data yang menggambarkan keanekaragaman jenis burung di suatu kawasan dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu sensus dan *sampling*. Sensus merupakan inventarisasi dan penghitungan seluruh burung yang ada pada suatu kawasan dengan penjelajahan seluruh area atau luasan yang ada dalam kawasan tersebut. Sedangkan *sampling* adalah pengambilan contoh wilayah atau luasan yang mewakili suatu kawasan untuk menggambarkan keseluruhan jenis burung di kawasan tersebut.

Pelaksanaan sensus membutuhkan waktu dan biaya yang lebih banyak dibandingkan penarikan contoh (*sampling*). Oleh karena itu, apabila survei inventarisasi dibatasi oleh waktu, biaya, dan sumber daya manusia, *sampling* atau penarikan contoh merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menggambarkan keanekaragaman jenis burung di kawasan tersebut. Inventarisasi jenis burung dalam suatu kawasan termasuk kawasan karst dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu titik hitung (*point count*), transek garis (*line transek*), dan jaring kabut (*mistneting*).

1. Metode Titik Hitung

Metode titik hitung dilakukan dengan berjalan ke suatu titik tertentu dalam suatu kawasan yang telah ditetapkan titik sampelnya, dan selanjutnya pengamat berdiri dalam suatu titik sampel selama periode waktu tertentu untuk mencatat, menghitung semua burung yang terlihat maupun terdengar, dan mengukur jarak burung dengan pengamat (Bibby dkk., 2000). Metode titik hitung disebut juga *Variable Circular Plot* (VCP). Hal ini disebabkan oleh daerah titik sampel dianggap seperti lingkaran dan posisi pengamat berdiri di tengah lingkaran tersebut (Gambar 5.2).

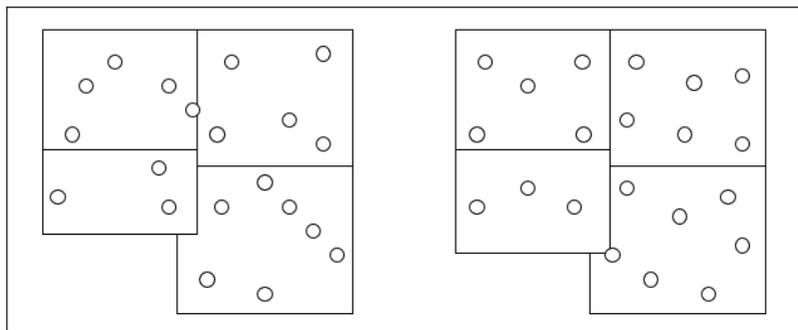
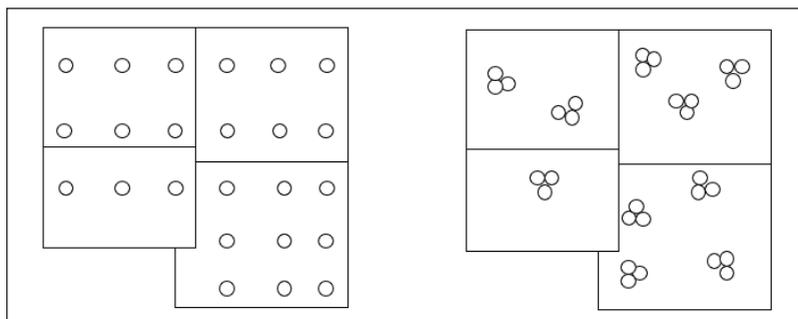
Sumber: Haryoko (2019)

Gambar 5.2 Ilustrasi Metode Titik Hitung

Penentuan pengambilan contoh lokasi untuk inventarisasi melalui metode titik hitung dapat dilakukan dengan 4 cara, yaitu *simple random sampling, stratified random sampling, systematic sampling,* dan *cluster sampling* (Winarni, 2015), dan ilustrasinya seperti pada Gambar 5.3.

1) ***Simple random sampling:*** Penentuan lokasi wilayah yang dilakukan secara acak sehingga setiap unit sampel mendapatkan kesempatan yang sama untuk dilakukan survei.
2) ***Stratified random sampling*** (acak bertingkat): Suatu wilayah dibagi menjadi beberapa strata, misalnya berdasarkan tipe habitat atau ketinggian atau strata lainnya. Titik pengamatan kemudian diletakkan pada strata-strata tersebut dengan proporsi wilayah sesuai luasan area survei.
3) ***Systematic sampling:*** Peletakan plot dilakukan secara teratur dengan membuat satuan unit sampel berukuran tertentu misalnya 500 m x 500 m.
4) ***Cluster sampling:*** Peletakan plot pengamatan dilakukan secara berkelompok.

Dalam metode titik hitung, perhatian pengamat sepenuhnya kepada burung dan habitat sehingga waktu yang digunakan lebih banyak untuk dapat mengidentifikasi jenis yang dijumpai dan didengar suaranya, bilamana mungkin dicatat aktivitasnya. Di samping itu, terdapat

kemungkinan untuk mendeteksi jenis-jenis burung yang pemalu/suka bersembunyi dan jenis-jenis burung tanah yang suka mengendap-endap. Dengan demikian, lebih mudah untuk menghubungkan antara keberadaan burung dan tipe habitatnya (Bibby dkk., 2000).

a. *Simple random sampling* b. *Stratified random sampling*

c. *Systematic sampling* d. *Cluster sampling*

Sumber: Winarni (2015); gambar: Haryoko (2019)

Gambar 5.3 Ilustrasi Metode Pengambilan Contoh Lokasi Penelitian

Menurut Winarni (2015) terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan penggunaan titik hitung. Kelebihan metode titik hitung yaitu: 1) efisien waktu; 2) lebih cepat mencapai titik pengamatan; 3) konsentrasi mengamati burung lebih baik; 4) pengamatan terhadap tipe habitat berbeda lebih mudah. Namun, selain memiliki kelebihan tersebut, metode ini juga memiliki empat kekurangan, yaitu: 1) lebih

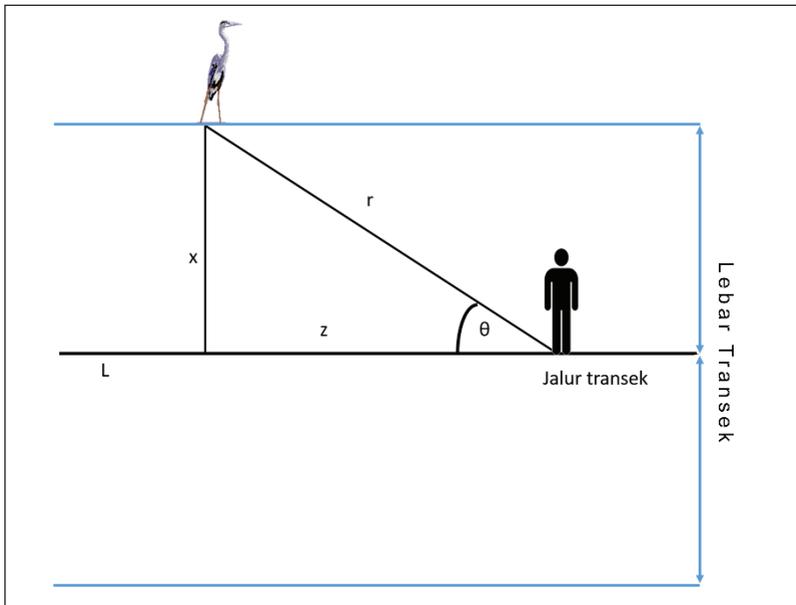
lama mendapatkan daftar jenis; 2) area *sampling* lebih sempit; 3) kemungkinan penghitungan ganda serta bias lebih besar untuk estimasi.

Dalam pelaksanaan metode titik hitung, jarak antar titik sampel sebaiknya antara 150–400 m tergantung dari kondisi lingkungan setempat. Penentuan jarak antar titik sampel yang benar bertujuan untuk menghindari terjadinya bias yang tinggi akibat penghitungan ganda terhadap individu yang sama. Pada habitat yang terbuka jarak antar titik sampel dapat lebih jauh dibandingkan habitat dengan tutupan vegetasi yang rapat. Jarak yang umum digunakan di hutan lebat berkisar 200–250 m. Jika berfokus pada burung-burung kecil, menetap, dan tidak menarik perhatian, jaraknya bisa berkisar 150 m. Sedangkan untuk jenis-jenis burung yang lebih besar, mencolok, jenis yang banyak bergerak dan berpindah, serta studi di habitat terbuka, jarak antar titik sampel berkisar 350–400 m. Setiap titik sampel dilakukan pengamatan selama 5–10 menit, hal ini bertujuan agar pengamat mempunyai waktu yang cukup untuk mendeteksi keseluruhan burung di titik tersebut serta mendeskripsikan ciri-ciri habitatnya. Di daerah yang kepadatan burungnya rendah, sebaiknya membuat jumlah stasiun dan titik sampel yang lebih banyak, jadi bukan menambah periode perhitungan ataupun lama pengamatan (Bibby dkk. 2000).

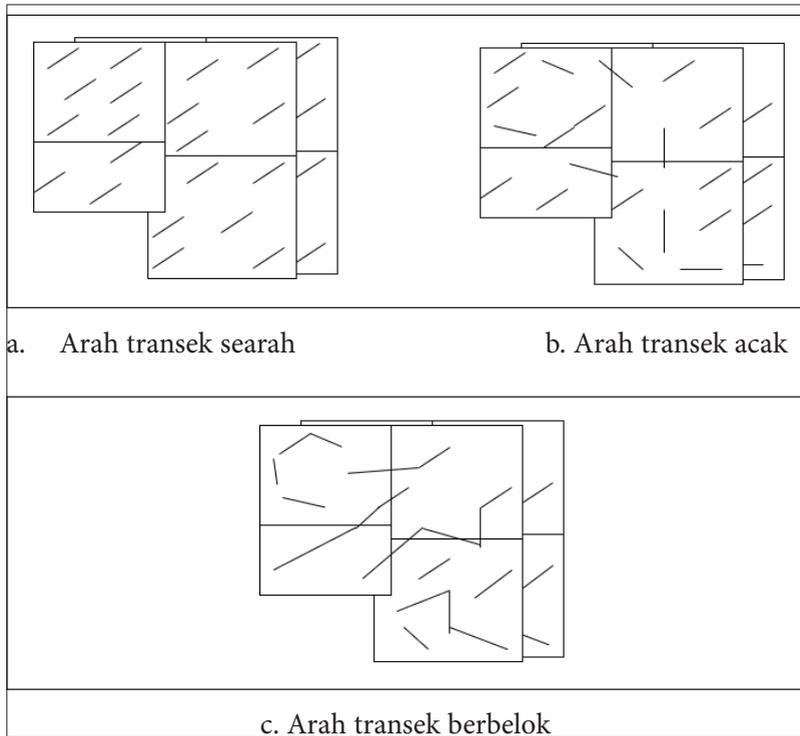
2. Metode Transek Garis

Metode transek garis dapat digunakan untuk inventarisasi dan kepadatan suatu jenis. Inventarisasi dengan metode ini dilakukan dengan mencatat semua jenis burung yang terlihat maupun terdengar pada kedua sisi dari suatu jalur pengamatan tersebut (Gibbons, & Gregory, 2006). Transek garis dapat dibuat dengan panjang 1 km ataupun lebih serta jumlah yang bervariasi disesuaikan dengan sumber daya dan kondisi tempat pengambilan data. Total panjang transek dan jumlah transek yang besar serta penentuan letak transek yang mewakili wilayah pengamatan akan meningkatkan akurasi keanekaragam jenis di wilayah tersebut.

Penggunaan metode transek yang bertujuan hanya untuk inventarisasi keanekaragaman burung dalam suatu kawasan dapat dilakukan dengan teknik membuat daftar jenis MacKinnon. Teknik ini dilakukan oleh pengamat dengan berjalan kecepatan konstan di sepanjang jalur pengamatan. Setiap jenis burung yang ditemukan diidentifikasi dan dimasukkan dalam suatu daftar jenis yang mencatat jenis-jenis burung teramati. Setiap jenis hanya dicatat satu kali untuk setiap daftar, setiap daftar maksimal terdiri dari 10 jenis. Jika telah mencapai 10 jenis dan menemukan jenis ke 11, jenis ke-11 dimasukkan ke dalam daftar selanjutnya. Pencatatan dihentikan bila tidak ada lagi pertambahan jenis, hasil yang didapat sudah menggambarkan jumlah jenis burung di kawasan tersebut (MacKinnon dkk. 2010).

Data yang diambil dalam metode transek garis adalah jenis burung serta jarak dan sudut antara pengamat dan burung. Metode garis transek yang bertujuan untuk mengetahui kepadatan suatu jenis maka dalam analisisnya memerlukan data jarak tegak lurus (*perpendicular distance*), yang diperoleh melalui perhitungan antara sudut dan jarak pengamat dan burung tersebut. Transek garis merupakan sebuah jalur yang panjangnya (L), dan lebar transek/ jarak perpendikular (2W). Area yang disurvei sisi kiri dan kanan jalur maka luas transek adalah 2WL. Sedangkan untuk mendapatkan nilai W diperoleh dari x sin θ. Kepadatan suatu jenis dapat diperoleh dengan rumus D= n/2WL (Winarni, 2015). Ilustrasi metode transek garis dapat dilihat seperti pada Gambar 5.4.

Sumber: Irham, Haryoko, & Yohanna (2018)

Gambar 5.4 Ilustrasi Transek Garis

Arah garis transek sebaiknya dibuat searah, namun jika ada keterbatasan dan kondisi beberapa tipe habitat dan lanskap yang tidak memungkinkan untuk dibuat searah, arah transek dapat dibuat juga secara acak maupun berbelok. Beberapa hambatan di antaranya adalah transek harus memotong danau, sungai yang lebar dan arus deras, maupun terhalang tebing yang curam ataupun jurang yang dalam. Adapun gambaran arah dan penempatan garis transek dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Sumber: Irham, Haryoko, & Yohanna (2018)

Gambar 5.5 Ilustrasi Arah dan Penempatan Transek Garis

Pelaksanaan inventarisasi yang bertujuan untuk menghitung kepadatan harus menghindari pencatatan berulang dari individu yang sama, karena dapat mengakibatkan penghitungan ganda sehingga bias yang dihasilkan sangat tinggi. Untuk menghindari kejadian tersebut, maka jarak antar transek sebaiknya sekitar 250 meter. Pengulangan survei pada transek yang sama sangat diperlukan untuk meningkatkan jumlah burung yang terdeteksi (Winarni, 2015). Kelebihan menggunakan transek garis dalam inventarisasi jenis burung adalah mendapatkan catatan burung yang lebih banyak dan lebih cepat pada suatu kawasan yang dilakukan pengamatan dibandingkan menggunakan metode lainnya. Metode transek garis ini dapat memperkecil ke-

mungkinan mencatat burung yang sama terutama untuk burung yang banyak bergerak ataupun burung pemalu akibat dari pengamat yang cepat bergerak berpindah tempat (Irham, Haryoko, & Yohanna, 2018). Walaupun demikian, metode ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu sulit mengukur jarak dengan tepat dari pengamat ke objek serta pergerakan pengamat yang cepat berpindah mengakibatkan burung terganggu sehingga burung belum sempat tercatat sudah berpindah terlebih dahulu (Winarni, 2015).

Tabel 5.1 Lembar data untuk pengambilan data menggunakan metode transek garis.

LEMBAR DATA INVENTARISASI BURUNG
METODE TRANSEK GARIS

NAMA PENGAMAT :
TANGGAL :
LOKASI :

No	Kode Transek	Po-sisi Pada Transek	Waktu	Nama Jenis	Jumlah Individu	Estimasi Sudut	Estimasi Jarak

Sumber: Winarni (2015)

Beberapa data yang perlu diambil dalam metode transek garis dicatat dalam catatan khusus. Sebaiknya sebelum melakukan pengamatan, sediakan terlebih dahulu lembar isian data lapangan (Tabel 5.1).

3. Metode Jaring Kabut

Metode ini merupakan metode menangkap burung dengan menggunakan jaring kabut (*mist net*). Dalam kegiatan inventarisasi, metode ini kurang efektif dibandingkan 2 metode lainnya. Namun, metode ini sangat membantu dalam mendapatkan dan mengidentifikasi jenis burung yang tidak terdeteksi lewat suara ataupun pengamatan, burung malam, burung yang susah diidentifikasi, ataupun *cryptic species*. Metode ini sangat cocok untuk menangkap jenis-jenis burung yang kecil dan menghuni pada ketinggian 2–3 m di atas permukaan tanah. Beberapa jenis burung tipe pemalu, penghuni semak, ataupun burung strata bawah sering terperangkap dalam jaring sehingga burung akan mudah diidentifikasi (Ralph & Dunn, 2004). Selain berfungsi menangkap burung untuk identifikasi dalam inventarisasi burung, metode jaring kabut dapat digunakan untuk mengamati perubahan kelimpahan jenis burung, informasi demografi, habitat, komunitas, *guild,* dan perbandingan komunitas antar musim/tahun (Gaither, 1994; Jenni dkk., 1996; Aleixo, 1999; Borges & Stouffer, 1999; Silkey dkk., 1999). Oleh karena itu, metode ini sangat cocok untuk studi ekologi yang memerlukan waktu lama sehingga digunakan secara terbatas dalam membantu inventarisasi (Bibby dkk., 2000).

Penggunaan metode jaring kabut memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan metode lainnya serta membutuhkan keahlian dalam menangkap, menangani, dan menandai secara aman (Gosler, 2004). Oleh karena itu, penggunaan jaring kabut hanya dilakukan oleh orang yang sudah berpengalaman ataupun dibawah pengawasan oleh ahli. Kesalahan dalam penangkapan, penanganan, dan penandaan dapat menyebabkan kematian ataupun stress pada burung. Efektivitas penggunaan jaring kabut tergantung dari keahlian penentuan lokasi pemasangan, tipe, dan kondisi jaring kabutnya (Gibbons & Gregory, 2006).

a) Tipe Jaring Kabut

Jaring kabut terbuat dari bahan nilon atau poliester dengan berbagai ukuran panjang dan lubang jaring (*mesh*) yang disesuaikan dengan

kebutuhan. Jenis dan tipe jaring yang digunakan tergantung dari target burung, tipe habitat, dan karakteristik lokasi survei. Jaring kabut tersedia dalam beberapa ukuran panjang, yaitu 6 m, 9 m, 12 m, dan 18 m. Adapun ukuran jaring kabut yang dapat digunakan untuk menangkap burung berdasarkan target ukuran burung dapat dibedakan menjadi 3 kelompok (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Tipe jaring kabut yang digunakan sesuai dengan ukuran burung target.

BURUNG UKURAN KECIL	BURUNG UKURAN SEDANG	BURUNG UKURAN BESAR
Passeriformes ukuran kecil	Passeriformes ukuran sedang, burung pantai, Anseriformes ukuran kecil, Charadriiformes ukuran kecil-sedang, Strigiformes ukuran kecil, Falconiformes ukuran kecil	Burung pantai/burung laut ukuran sedang-besar, Strigiformes ukuran besar, Falconiformes ukuran sedang-besar, Anseriformes ukuran sedang-besar, Pelecaniformes
Nylon, 70 *denier*/2-*ply*, 30mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*	Nylon, 110 *denier*/2-*ply*, 60mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*	Nylon, 210 *denier*/4-*ply*, 127mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*
Polyester, 75 *denier*/2-*ply*, 30mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*	Nylon, 210 *denier*/2-*ply*, 100mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*	
Polyester, 75 *denier*/2-*ply*, 32mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*	Nylon, 210 *denier*/4-*ply*, 100mm *mesh*, 3.0 meters high, 5 *shelves*	

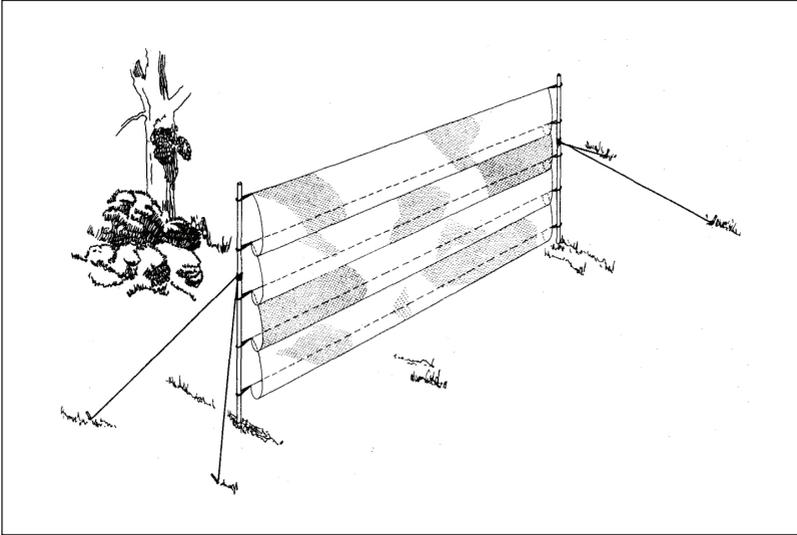
Sumber: Avinet (2013)

Ukuran *mesh* mengacu pada ukuran dengan satu sisi *mesh* persegi, misalnya *mesh* 16 mm berarti berukuran 16 mm x 16 mm persegi. Ukuran jaring harus cocok untuk jenis target yang dipilih. Jika ukuran *mesh* terlalu besar, burung dapat lolos dan tidak tertangkap dalam jaring, sedangkan jika ukuran *mesh* terlalu kecil, burung dapat menjadi terlalu kusut dalam jaring dan berisiko menangkap jenis non-

target. Oleh karena itu, untuk penangkapan yang bersifat umum dapat menggunakan tipe *polyester*, 75 *denier*/2-*ply*, 38 mm *mesh*, 2.6 meters high, 4 *shelves*. Sedangkan untuk khusus menangkap burung terbang tinggi dapat menggunakan tipe *canopy net polyester*, 75 *denier*/2-*ply*, 38mm *mesh*, 3 meters wide: 6 m high, 6 "sideways" *shelves* dan 12m high, 12 "sideways" *shelves*.

Ukuran *denier* dan *ply* dari jaring memberikan indikasi ketebalan, *visibilitas,* dan kekuatan jaring. *Denier* mengacu pada berat dalam gram untuk panjang benang 9.000 m. *Ply* mengacu pada jumlah benang dari satu putaran untuk membuat serat jaring. Semakin kecil *denier* dan *ply*, jaring menjadi lebih ringan dan lebih tipis, misalnya jaring dengan ukuran 70 *denier*/2 *ply* berarti lebih ringan, kurang terlihat, tetapi biasanya kurang kuat dibandingkan jaring berukuran 210 *denier*/3 *ply*.

b) Pemasangan Jaring Kabut

Selain keahlian dan pengalaman peneliti dalam menggunaan jaring kabut, langkah awal yang penting dilakukan untuk keberhasilan dalam pemasangan jaring kabut adalah pemilihan lokasi. Jaring kabut harus ditempatkan di daerah yang dihuni oleh jenis burung target, memiliki kepadatan populasi yang baik, serta daerah yang menjadi sumber pakan dan air. Di samping itu, harus juga dikaji pergerakan jenis target, jalur terbang, dan pola kegiatan burung di daerah tersebut (Wilson dkk., 1965).

Sumber: Lowe (1989)

Gambar 5.6 Ilustrasi Pemasangan Jaring Kabut

Setelah lokasi ditentukan, buat jalur untuk pemasangan jaring kabut dengan membersihkan jalur dari ranting atau cabang pohon yang mungkin mengganggu dan membuat jaring tersangkut. Siapkan tiang penegak jaring secukupnya. Apabila jaring kabut dipasang secara tunggal, setiap jaring membutuhkan tiang sebanyak 2 batang, tetapi apabila dipasang secara berurutan maka 2 lembar jaring membutuhkan 3 batang tiang penegak. Kaitkan tali pengikat di ujung misnet ke dalam tiang penyangga secara berurutan. Apabila tidak berurutan, jaring tidak akan terpasang dengan baik.

Kemudian, dirikan tiang penegak dengan menancapkan sedikit ke tanah dan ikat tiang dengan tali ke pasak atau batang pohon lainnya. Setelah itu, bawa ujung lain dari misnet menjauh dari tiang sejauh panjang *mistnet*. Masukkan tali pengikatnya pada tiang penegak jaring kabut sesuai urutan seperti pada ujung satunya. Ikat tiang penegak dengan tali pada pasak atau batang pohon lainnya. Jaring kabut yang telah berdiri harus diatur tingkat kekencangannya. Apabila terlalu

kendor, jaring akan lebih terlihat oleh burung, jaring bagian bawah akan menyentuh tanah/serasah sehingga jaring akan penuh dengan serasah. Apabila lokasi pemasangan berada di atas air/sungai, bagian bawah akan terendam air sehingga apabila ada burung yang tertangkap dapat menyebabkan kematian burung tersebut. Sedangkan apabila jaring terpasang terlalu kencang maka apabila burung menerjang/menabrak jaring menyebabkan terpantul/terpelanting sehingga burung tidak tertangkap dalam jaring. Ilustrasi pemasangan jaring kabut dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Untuk meningkatkan jumlah penangkapan dalam pemasangan jaring, dapat dibuat formasi susunan jaring berbentuk "L" atau "Z". Jaring dipasang rata-rata dari pukul 06.00–18.00 tergantung wilayah, kapan waktu matahari terbit dan tenggelam. Pada waktu matahari tenggelam, sebaiknya jaring ditutup atau digulung. Penggulungan jaring bertujuan untuk menghindari terperangkapnya kelelawar yang dapat merusak jaring kabut. Jaring kabut tidak perlu digulung pada malam hari bila akan digunakan untuk menangkap target burung malam. Lakukan pemantauan jaring kabut paling lama setiap 1 jam untuk mengetahui burung yang tertangkap. Apabila terlalu lama (lebih dari 1 jam), burung akan mengalami stress atau dimakan predator sehingga mengalami kematian. Sedangkan apabila terlalu sering melihat jaring kabut maka akan menggangu habitat sekitar jaring sehingga burung akan pergi dari lingkungan tempat jaring terpasang sehingga berakibat burung yang tertangkap hanya sedikit. Burung yang tertangkap dilepaskan dari jaring dan dimasukkan dalam kantong burung dan dibawa ke tempat pemrosesan sampel, untuk dilakukan pengukuran, identifikasi, pengambilan foto ataupun penandaan untuk dilepaskan lagi.

D. Data Parameter Komunitas

Setelah melakukan pengambilan data dengan berbagai metode, langkah selanjutnya adalah menggambarkan komunitas burung dalam suatu kawasan secara kuantitatif. Kompleksitas suatu komunitas dapat digambarkan dalam bentuk indeks kekayaan jenis, keanekaragaman,

kelimpahan relatif, komposisi jenis, tingkat pertemuan, dan kurva penemuan jenis. Kekayaan jenis merupakan jumlah seluruh jenis yang terdapat pada suatu area tertentu (Morin, 1999). Kekayaan jenis dianalisis dengan menggunakan dua nilai indeks, yaitu Margalef dan Menhinick (Magurran, 2004). Sedangkan penghitungan keanekaragaman jenis dilakukan untuk masing-masing lokasi, selang waktu pengamatan, serta secara keseluruhan. Adapun nilai indeks keanekaragaman yang digunakan adalah dengan indeks Shannon dan indeks Simpson (Magurran, 2004). Kelimpahan relatif dihitung dengan membandingkan jumlah individu suatu jenis dengan jumlah individu seluruh jenis. Berdasarkan jumlah individu, kelimpahan burung berdasarkan jumlah penangkapan dengan metode jaring kabut dapat dikelompokkan menjadi 4 skala (Fowler, & Cohen, 1986), seperti yang tercantum pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kelimpahan Relatif Berdasarkan Jumlah Individu yang Tertangkap

Kelimpahan Relatif	Jumlah Individu Tertangkap
Melimpah	> 100 individu
Umum	21–99 individu
Tidak umum	5–20 individu
Jarang	1–4 individu

Sumber: Fowler & Cohen (1986)

Penghitungan tingkat pertemuan dilakukan dengan membagi jumlah burung yang tercatat dengan jumlah jam pengamatan sehingga diperoleh jumlah burung per jam untuk setiap jenis. Adanya asumsi bahwa suatu jenis sama mudahnya untuk ditemukan dalam suatu kawasan, tingkat pertemuan suatu jenis dapat dibandingkan dalam suatu lokasi tersebut secara langsung. Tingkat pertemuan dapat dikategorikan dalam beberapa kategori kelimpahan sederhana (Tabel 5.4) sehingga memiliki arti untuk mendeteksi perubahan kelimpahan individu jenis (Bibby dkk., 2000).

Tabel 5.4 Kelimpahan Relatif Berdasarkan Tingkat Pertemuan Burung

Kategori Kelimpahan (Jumlah individu per 10 jam pengamatan)	Nilai Kelimpahan	Skala Urutan
<0,1	1	Jarang
0,1–2,0	2	Tidak Umum
2,1–10,0	3	Sering
10,1–40,0	4	Umum
>40	5	Melimpah

Sumber: Bibby dkk. (2000)

Kurva penemuan jenis dapat menjadi indikator jangka waktu pengamatan yang optimum di suatu lokasi. Jumlah kumulatif jenis yang tercatat diplotkan terhadap usaha pengamatan sehingga akan dihasilkan kurva yang sesuai dengan jumlah jenis yang ditemukan seiring dengan usaha yang terus dilakukan.

Daftar Pustaka

Aleixo, A. (1999). Effect of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic forest. *Condor*, *10*(3)1, 537–548. https://www.researchgate.net/publication/269790684_Effects_of_Selective_Logging_on_a_Bird_Community_in_the_Brazilian_Atlantic_Forest.

Avinet. (2013). Catalog USA-made mist nets. Avinet.Inc. Dryden-USA. www.avinet.com.

Bibby, C., Jones, M., & Marsden, S. (2000). *Teknik-teknik ekspedisi lapangan: Survei burung*. Bogor: BirdLife International-Indonesia Programme.

BirdLife International. (2004). *Menyelamatkan burung-burung Asia yang terancam punah. Panduan untuk pemerintah dan masyarakat madani (edisi Indonesia)*. BirdLife International.

Borges, S.H., & Stouffer, P.C. (1999). Bird communities in two types of anthropogenic successional vegetation in Central Amazonia. *Condor* *101*(3), 529–536. https://academic.oup.com/condor/article/101/3/529/5124226.

Erard, C. (1989). Bird community structure in two rainforest: Africa (Gabon) and South America (French Guiana) a comparison. Dalam M.L Harmelin-Vivien., & F. Bourlier (Ed.), *Vertebrates in complex tropical systems* (89–122). Springer Verlag.

Fowler, J. & Cohen, L. (1986). *Statistics for ornithologists*. British Trust for Ornithologist.

Gaither, J.C. (1994). Understory Avifauna of Bornean Peat Swamp Forest: Is It Depauperate. *Wilson Bulletin 106*(2), 381–390. https://www.jstor.org/stable/4163428?seq=1.

Gibbons, D.W., & Gregory, R.D. (2006). Birds. In: W.J. Sutherland (Ed.), *Ecological Census Techniques*, *2nd Edition*. Cambridge University Press.

Gosler, A. (2004). Birds in the hand. Dalam W. J. Sutherland, I. Newton & R. E. Green (Ed.), *Bird Ecology and Conservation; a Handbook of Techniques*. Oxford University Press.

Handbook of the Birds of the World, (2019). Species list of Indonesia. https://www.hbw.com/geo/r-indonesia-global

Irham, M., Haryoko, T., & Yohanna. (2018). *Seri metode survei dan pemantauan populasi satwa - buku IX/burung*. Pusat Penelitian Biologi LIPI.

Jenni, L., Leuenberger, M., & Rampazzi, F. (1996). Capture Efficiency of Mist Nets with Comments on Their Role in The Assessment of Passerine Habitat Use. *Journal of Field Ornithology 67*(2), 263–274. https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jfo/v067n02/p0263-p0274.pdf.

Lowe, K.W. (1989). *The Australian bird bander's manual*. CPP Communications Ltd.

MacKinnon, J., Philips K, & vanBalen B. (2010). *Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan*. Burung Indonesia. 509

Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing Company.

Morin, P.J. (1999). *Community ecology*. Blackwell Science.

Novarino, W. (2008). *Dinamika Jangka Panjang Komunitas Burung Strata Bawah di Sipisang, Sumatera Barat* [Disertasi Doktor, Institut Pertanian Bogor].

Novarino,W. (2005). *Pengamatan dan pengidentifikasian burung.* Tidak dipublikasikan.

Ralph, C.J.,& Dunn, E.H. (Ed.). (2004). *Monitoring bird populations using mist nets*. *Studies in Avian Biology 29*.

Silkey, M., Nur, N., & Geupel, G.R. (1999). The use of mist-net capture rates to monitor annual variation in abundance: a validation study. *Condor 101*(2): 288–298. https://www.jstor.org/stable/1369992.

Sukmantoro, W., Irham, M., Novarino, W., Hasudungan, F., Kemp, N., & Muchtar, M. (2007). *Daftar burung Indonesia no. 2*. Indonesian Ornithologist'Union.

Wilson, S.J., Lane, S.G., & McKean. (1965). *The use of mist nets in Australia*. Division of Wildlife Research Technical Paper No. 8, CSIRO.

Winarni, N.L. (2015). *Dasar dasar distance sampling dalam penghitungan populasi hidupan liar*. Unpublished Manuscript.

BAB 6
Inventarisasi Herpetofauna

Awal Riyanto & Alamsyah Elang Nusa Herlambang

Herpetofauna secara etimologi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri atas dua kata yaitu *herpeton* yang berarti 'melata' dan *fauna* yang berarti 'binatang'. Oleh karena itu herpetofauna adalah sebutan bagi kelompok binatang atau fauna melata. Adapun secara taksonomi, herpetofauna terdiri atas dua kelas yaitu reptil dan amfibi. Kedua kelas fauna ini memiliki kesamaan yaitu berdarah dingin atau poikilotermik. Makna berdarah dingin ini adalah bahwa suhu tubuh herpetofauna dipengaruhi lingkungan. Blomberg & Shine (1996) menyatakan bahwa anggota herpetofauna umumnya bersifat kriptik sehingga sulit untuk dijumpai. Sifat kriptik terlihat dari perilaku yang menyaru, bersembunyi di balik sesuatu atau di dalam liang sehingga sulit untuk dijumpai. Sifat tersebut menyebabkan pengenalan dan informasi tentang spesies-spesies yang hidup di Indonesia belum banyak terungkap sehingga masih diperlukan kegiatan inventarisasi agar keanekaragaman spesies herpetofauna Indonesia dapat diketahui secara pasti.

Tidak sedikit spesies kelompok herpetofauna memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai fauna peliharaan eksotik, kulit bahan industri, empedu untuk bahan obat, dan bahkan bahan pangan eksotik. Nilai ekonomis tersebut telah memicu terjadinya perburuan di alam. Oleh karena itu, saat ini spesies ular tertentu sering sulit untuk dijumpai,

selain karena perilakunya yang kriptik, juga adanya perburuan yang tidak terkontrol sehingga mengakibatkan penyusutan populasi di alam. Perburuan di alam juga menimpa spesies buaya yang sudah jamak diketahui memiliki nilai ekonomi sangat tinggi. Kulit buaya banyak digunakan sebagai bahan dasar macam produk yang berharga mahal seperti tas, dompet, ikat pinggang, baju, sepatu bermerk terkenal seperti Gucci, Hermès maupun Louis Vuitton. Oleh karena itu, perlu adanya usaha konservasi baik *in-situ* maupun *ex-situ*. Amfibi sendiri tidak terlalu diburu untuk bahan industri, tetapi justru habitat mereka yang banyak mengalami gangguan yang pada gilirannya mengakibatkan terjadinya penyusutan populasi dan mungkin juga keanekaragaman herpetofauna pada wilayah-wilayah tertentu.

Kelompok herpetofauna selain memiliki nilai ekonomis juga mempunyai nilai penting dalam ekosistemnya melalui peran dalam rantai dan jaring makanan. Ular sanca dan buaya pada suatu ekosistem berperan sebagai predator pemuncak, biawak berperan sebagai dekomposer, cicak dan tokek turut mengendalikan populasi serangga, demikian pula katak. Sedemikian pentingnya kelompok herpetofauna ini, namun sebagaimana diketahui bahwa informasi herpetofauna Indonesia belum lengkap, oleh karena itu masih diperlukan kegiatan inventarisasi. Keanekaragaman herpetofauna Indonesia haruslah diketahui sebelum spesies-spesies tertentu musnah akibat perburuan ataupun kerusakan habitat.

A. Metode Inventarisasi

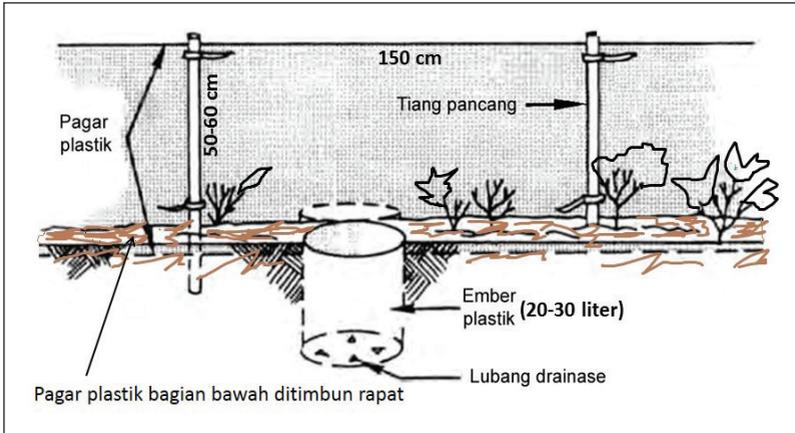
Secara umum dikenal dua macam metode untuk mengkaji keanekaragaman herpetofauna yang ada di suatau kawasan, yaitu metode aktif dan pasif. Dikarenakan kelompok herpetofauna ini umumnya berperilaku kriptik, kajian cepat keragaman herpetofauna metode aktif akan lebih efektif daripada metode pasif. Namun demikian, metode aktif sebaiknya tetap disokong dengan metode pasif terutama jika pelaksanaan inventarisasi dilakukan seorang diri.

Hasil inventarisasi akan maksimal bila pelaksana memiliki pengetahuan mengenai kesukaan terhadap tipe habitat tertentu oleh

spesies yang akan diamati. Dalam pengamatan kelompok reptil, tempat-tempat yang perlu diamati secara teliti dan jeli, antara lain semak belukar, serasah lantai hutan, bongkahan kayu tumbang, dan celah bebatuan. Adapun untuk pengamatan kelompok amfibi agak berbeda, karena umumnya kelompok ini mengalami perubahan bentuk dalam tahapan hidupnya (metamorfosis) yang terjadi pada dua tempat hidup berbeda. Pada tingkatan berudu atau anakan katak, yang dicermati adalah daerah perairan yang tenang seperti pinggir sungai, kolam, kubangan, bahkan cerukan air. Adapun dalam mencari individu dewasa, yang perlu dicermati adalah bebatuan dan celahnya yang terdapat di sungai, semak pinggir sungai, maupun lubang di pohonan. Khusus dalam pencarian individu dewasa, kemampuan mendengar dan keterampilan untuk membedakan suara katak dengan serangga sangat dibutuhkan. Suara katak ini sangat membantu untuk menemukan individu spesies katak yang dicari. Bagi yang sudah ahli suara katak, kemampuan ini dapat digunakan untuk menentukan spesies secara langsung di lapangan. Pengetahuan habitat tersebut akan sangat membantu peneliti terutama dalam efisiensi waktu dan tenaga. Pelaksana survei tidak perlu menjelajah dengan kecermatan tinggi pada semua hamparan, tetapi cukup memeriksa lokasi yang dicurigai sebagai habitat spesies tertentu.

1. Metode Pasif

Metode ini dilakukan dengan cara pemasangan perangkap atau jebakan yang dapat ditinggalkan dalam kurun waktu tertentu hingga saat pemeriksaan untuk mengetahui spesies yang berhasil terperangkap. Alat jebakan yang umum digunakan adalah perangkap sumuran dan perangkap lem. Salah satu bentuk perangkap sumuran adalah sumuran berpagar (*bucket drift fence*, Gambar 6.1). Perangkap ini ditujukan untuk menjebak kelompok kadal, katak, maupun ular yang berukuran kecil. Seperti namanya, perangkap lem (*glue trap*) berupa lempeng yang diolesi lem. Perangkap ini dapat dibuat dari lempeng kayu tripleks dengan ukuran 30 cm x 40 cm yang dibungkus lapisan plastik dan olesan lem tikus yang merata pada salah satu sisi

permukaannya (Gambar 6.2). Bungkus lapisan plastik ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam perpindahan lokasi, yaitu dengan melepaskannya dari lempeng tripleks sehingga lempeng tersebut tidak lengket satu sama lain saat disusun/*packing* selama transportasi perpindahan lokasi pengamatan. Dalam pemasangan perangkap ini satu hal yang perlu diperhatikan adalah pemilihan lokasi.

Sumber sketsa: Riyanto (2017)

Gambar 6.1 Sketsa Perangkap Pagar Sumuran (*bucket drift fence*)

Ketepatan pemasangan perangkap sumuran pada lokasi atau habitat fauna target akan memberikan hasil yang memuaskan, namun seandainya salah satu tempat tidak tertutup kemungkinan perangkap akan kosong. Di samping itu, juga perlu diperhitungkan periode pemasangan perangkap dengan waktu kegiatan survei. Perangkap dapat digunakan bilamana waktu survei cukup panjang.

Sumber: Riyanto (2017)

Gambar 6.2 Perangkap Lem (*glue trap*)

2. Metode Aktif

Metode aktif dilakukan dengan teknik pencarian secara oportunis (*opportunistic searching*) pada habitat-habitat mikro di setiap area yang disurvei. Mengingat bahwa kelompok herpetofauna ada yang beraktivitas di malam hari (nokturnal) dan ada pula yang beraktivitas di siang hari (diurnal), pengamatan dilakukan baik pada malam maupun siang hari. Survei pada siang hari dapat dilakukan dari pukul 08.00 hingga 12.00, sedangkan survei malam hari biasanya dilaksanakan antara pukul 17.00 hingga 22.00.

Survei siang hari ditujukan terutama untuk mencari spesies reptil yang ditargetkan akan lebih mudah dijumpai ketika sedang aktif. Beberapa jenis yang mudah dijumpai pada siang hari seperti telarap gombel atau disebut juga hap-hap (*Draco* spp.), bunglon (*Bronchocela* spp., *Calotes versicolor*, dan *Gonocephalus* spp.), beberapa spesies cicak (*Hemidactylus* spp. dan *Cnemaspis* spp.) dan kelompok kadal (*Dasia* spp., *Emoia* spp., *Eutropis* spp., *Lamprolepis smaragdina* maupun *Sphenomorphus* spp.).

Pencarian di malam hari terutama untuk mencari kelompok herpetofauna yang nokturnal maupun yang mudah dijumpai justru ketika sedang tidak aktif atau tidur. Kelompok yang mudah dijumpai ketika aktif pada malam di antaranya semua spesies katak, beberapa cicak/tokek (*Cyrtodactylus* spp., *Gekko* spp. dan *Hemidactylus* spp.), dan ular (*Bungarus* spp., *Boiga* spp., *Lycodon* spp. dan *Trimeresurus* spp.). Sebaliknya kelompok yang mudah dijumpai justru saat tidur pada malam hari, antara lain ular (*Ahaetulla* spp. dan *Dendrelaphis* spp.) dan kelompok bunglon (*Bronchocella* spp., *Gonocephalus* spp., dan *Pseudocalotes* spp.).

Sumber: Riyanto (2017)

Gambar 6.3 Contoh Tongkat Ular

Dalam pengamatan ular–terutama ketika kita membutuhkan spesimen untuk diteliti lebih lanjut–dibutuhkan alat bantu untuk menangkap berupa tongkat ular. Tongkat ular ini juga untuk melindungi pelaksana dari gigitan ular. Ada dua tipe tongkat ular yaitu tongkat pengait (*snake hooks*) dan tongkat penjepit (*snake tongs*) (Gambar 6.3).

Adapun karet (*rubber band*) merupakan alat yang dapat digunakan untuk membantu menangkap kelompok kadal maupun hap-hap, dengan cara menjepretnya.

Alat lain yang perlu disiapkan adalah kantong belacu bertali pengikat untuk membawa binatang hasil tangkapan dari lapangan ke tempat menginap atau laboratorium. Sebaiknya setiap kantong berisi satu ekor binatang. Kantong yang digunakan ukurannya bervariasi tergantung ukuran besar dari binatang yang ditangkap. Pada umumnya kantong yang dipersiapkan berukuran panjang 20 cm x 40 cm.

Binatang yang tertangkap dapat dijadikan koleksi sebagai spesimen bukti dan juga untuk koleksi ilmiah bahan acuan selanjutnya. Bilamana pada lembaga pelaksana survei tidak memiliki fasilitas penyimpanan, spesimen hasil koleksi dapat disimpan di Laboratorium Herpetologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebagai koleksi ilmiah dan spesimen acuan. Spesimen yang akan disimpan harus dilengkapi dengan data paling tidak infomasi lokasi dan tanggal koleksi serta nama kolektor, akan lebih berharga bila dilengkapi keterangan habitat. Data tersebut dicatat dalam buku lapangan dengan contoh tabulasi data disajikan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Contoh lembar data inventarisasi herpetofauna.

Surveyor	Tonno Tinni				
Lokasi	Desa. Hargosari, Kec. Tanjungsri, Kab.Gunung Kidul				
Tahun	2017				
No	**Identitas**	**Tanggal/Jam**	**Jenis kelamin**	**SVL**	**Kererangan**
1	*B. jubata*	23 Juni/14.00	Jantan		Sedang mengejar mangsa
2	*Eutropis multifasciata*	23 Juni/14.05	Jantan		*moving*; sisi leher merah
3	*Sphenomorphus* sp	23 Juni/15.00	?		Dikoleksi; bawah bebatuan
4					
.					
.					
.					
.					
101	*Cyrtodactylus semiadii*	23 Juni/21.00	betina	3.5 cm	Dikoleksi; terdapat telur; di serasah
102	*Lygosoma quadrupes*	23 Juni/21.10	?	?	Di bawah bebatuan

Sumber: Riyanto (2017, data tidak dipublikasikan).

3. Wawancara

Di samping kedua metode tersebut, dilakukan pula pengumpulan informasi sekunder dari penduduk di sekitar lokasi survei. Hasil wawancara dengan penduduk lokal yang dijumpai dapat dijadikan sebagai data penunjang. Wawancara dilakukan selain untuk mendapatkan informasi spesies dan tempat biasa dijumpai (habitat), juga untuk mendapatkan informasi lain seperti perburuan atau pendayagunaan lainnya. Informasi yang diperoleh dicatat dalam buku lapangan yang

harus selalu dibawa oleh pelaksana survei. Informasi yang terhimpun dalam buku lapangan ini sangat penting untuk melengkapi data ketika sedang menyusun laporan.

4. Identifikasi Awal di Lapangan

Identifikasi sampai tingkat spesies dapat dilakukan langsung ketika di lapangan seandainya pelaksana survei sudah memahami dan mengenal spesies-spesies herpetofauna dari lokasi yang diteliti. Identifikasi di lapangan ini dapat mempermudah pencatatan data di dalam buku lapangan. Dalam hal terdapat keraguan ataupun belum dapat mengindentifikasi hingga tingkat spesies maka diperlukan pengkoleksian spesimen binatang yang tersebut untuk dibawa dan dilakukan identifikasi lanjutan di laboratorium. Konfirmasi kebenaran hasil identifikasi dapat dilakukan di Laboratorium Herpetologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI di Cibinong.

B. Penanganan Spesimen

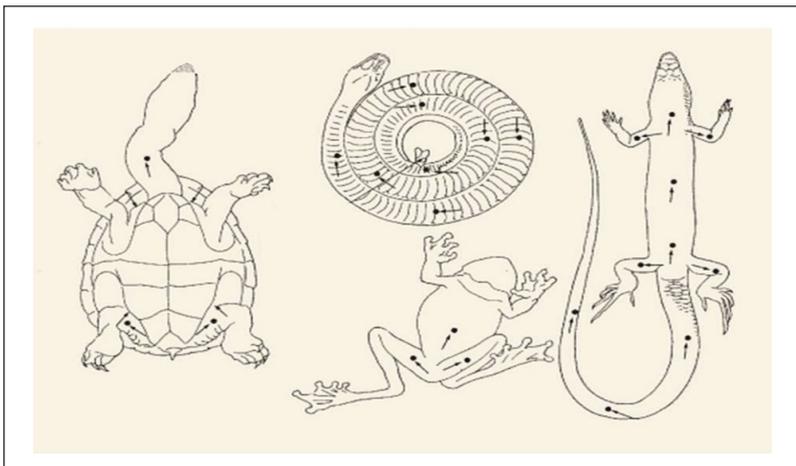
Telah disinggung bahwa spesimen yang tidak teridentifikasi di lapangan harus dikoleksi untuk dilakukan identifikasi lanjutan di laboratorium. Oleh karena itu, spesimen yang dikoleksi harus diproses dengan baik dan benar agar memudahkan dalam mengidentifikasi dan dapat menjadi koleksi ilmiah yang baik. Perlakuan terhadap spesimen di lapangan meliputi tahap mematikan, fiksasi, dan pengepakan. Selanjutnya di laboratorium dilakukan pencucian, penyimpanan, identifikasi, dan validasi.

1. Mematikan Spesimen

Mematikan binatang kelompok herpetofauna dapat dilakukan dengan menyuntik cairan pentobarbitone atau sodium pentobarbital pada daerah bawah lapisan kulit (*hipodermal*) tubuh spesimen. Dosis yang digunakan adalah 1:5 hingga 1:10 larutan nembutal dalam air sekitar 1–3 ml yang disuntikkan (Sidik & Mumpuni 1999). Selain dengan cairan nembutal, dapat pula dilakukan penyuntikan dengan cairan alkohol 70% ke bagian otak dengan cara menusukkan jarum suntik

melalui lubang hidung atau di bagian tengkuk ke arah otak. Adapun untuk kelompok kura-kura, cairan yang disuntikan adalah isopropil alkohol 70% karena cairan ini akan menyebabkan kepala, anggota badan, dan ekor menjulur keluar dari karapas.

2. Fiksasi

Tahap selanjutnya adalah fiksasi yang bertujuan untuk mengawetkan keadaan morfologi spesimen. Hal terpenting dalam tahap ini adalah pengaturan posisi/bentuk tubuh spesimen agar mudah saat dilakukan pengamatan atau identifikasi di laboratorium. Fiksasi dilakukan dengan cara menyuntikan cairan formalin 10% dalam bagian perut dan bagian lain tubuh yang berdaging seperti tubuh, paha, lengan, dan ekor. Selanjutnya spesimen dibentuk sedemikian rupa (Gambar 6.4). Perlu diperhatikan bahwa jemari baik kadal, cicak, maupun katak harus diregangkan atau terbuka. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam mengamati formasi dan bentuk sisik di telapak maupun jemari yang merupakan salah satu karakter penting dalam identifikasi. Setelah dibentuk, spesimen direndam formalin 5% atau

Sumber: Cogger (2014, 27)

Gambar 6.4 Skema Pengaturan Posisi Spesimen yang Diawetkan agar Mudah dalam Identifikasi di Laboratorium

cukup diselimuti kain kasa yang dibasahi formalin 5% selama paling tidak 24 jam atau lebih bergantung kepada ukuran besar spesimennya.

3. Pengepakan

Tahap pengepakan dilakukan dengan membalut spesimen dengan kain kasa yang dibasahi alkohol 70%. Spesimen yang sudah dibalut kasa beralkohol ini dimasukkan ke dalam plastik minigrip (*Ziplock*). Pastikan bahwa kancingannya benar-benar tertutup rapat, tetapi tidak menggembung. Selanjutnya plastik yang berisi spesimen diatur rapi dalam kotak atau wadah lain yang aman untuk dibawa ke laboratorium.

4. Pencucian dan Penyimpanan

Sesampainya di laboratorium, spesimen dicuci dalam air mengalir untuk menghilangkan larutan fiksasi yaitu formalin. Setelah diperkirakan formalin hilang, selanjutnya spesimen dimasukkan ke dalam botol koleksi berisi alkohol 70%, dengan ketentuan seluruh tubuh spesimen harus terendam. Langkah selanjutnya dilakukan pemberian label pada setiap individu spesimen dan juga pencatatan data ke dalam buku katalog atau buku registrasi spesimen. Setelah spesimen dilengkapi dengan label, proses selanjutnya adalah identifikasi dan validasi.

C. Identifikasi

Dalam melakukan identifikasi kelompok amfibi dapat dilakukan dengan mengacu beberapa pustaka, di antaranya Iskandar (1998), Kampen (1923), dan Manthey & Grossmann (1997). Adapun untuk identifikasi kelompok reptil dapat mengacu pada de Rooij (1915 & 1917), Iskandar (1994), Iskandar & Kolijn (2001), Manthey & Grossmann (1997), Mausfeld dkk., (2002), dan Muster (1983). Keterbaruan informasi nama spesies untuk amfibi sebaiknya mengacu pada situs *Amphibian Species of the World* dengan tautan http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/. Sedangkan untuk reptil mengacu pada situs *Reptile Database* dengan tautan http://www.reptile-database.org/.

D. Validasi

Hasil identifikasi dari lapangan maupun laboratorium sebelum dituangkan dalam laporan perlu dilakukan untuk akurasi kebenaran atau validasi. Validasi ini dilakukan para pakar di taksonomi herpetofauna pada kelompok masing-masing.

Daftar Pustaka

Blomberg, S., & Shine, R. (1996). Reptile. Dalam W.J. Sutherland (Ed). *Ecological census techniques a handbook.* Cambridge University Press.

Cogger, H.G. (2014). *Reptiles and amphibians of Australia (7th ed*). CSIRO Publishing.

Frost, D.R., Grant, T., Faivovich, J.N., Bain, R.H., Haas, A., Haddad, C.F.B., De Sa̓, R.O., Channing, A., Wilkinson, M., Donnellan, S.C., Raxworthy, C.J., Campbell, J.A., Blotto, B.L., Moler, P., Drewes, R., Nussbaum, R.A., Lynch, J.D., Green, D.M., & Wheeler, W.C. (2006). The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 297. http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/.

Howell, K. (2002). Amphibians and reptiles: the reptiles. Dalam Davies, G. & Hoffmann, M. (Ed.). *African forest biodiversity: a field survey manual for vertebrates*. Earthwatch Institute.

Iskandar, D.T., & Colijn, E. (2001). *A checklist of Southeast Asian and New Guinean Reptiles. Part I. Serpentes.* BCP (LIPI, JICA. PHPA), The Gibbon Foundation and Institute Technology of Bandung.

Iskandar, D.T. (1994). New species lizard of the genus *Sphenomorphus* (Reptilia, Scincidae) from Java. *Treubia*, *31*(1), 25–30. https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/treubia/article/view/628.

Iskandar, D.T. (1998). *The amphibians of Java and Bali.* Bogor: Research and Development Centre for Biology-LIPI-GEF-Biodiversity Collection Project.

Kampen, P.N.van. (1923). *The amphibians of the Indo-Australian archipelagos*. Leiden. E.J. Brill Ltd.

Manthey, U. & Grossmann, W. (1997). *Amphibien and reptilien Sudostasiens.* Berlin. Natur & Tier-Verlag.

Mausfeld, P., Schmitz, A., Bohme, W., Misof, B., Vricradic, D., & Rocha, C.F.D. (2002). Phylogenetic affinities of *Mabuya atlantica* Schmidt,

1945, endemic to the Atlantic Ocean Archipelago of Fernando de Noronha (Brazil): necessity of partitioning the genus *Mabuya* Fritzinger, 1826 (Scincidae: Lygosoma). *Zoologischer Anzeiger*, *241*, 281–293. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044523104700790.

Musters, C.J.M. (1983). Taxonomy of the genus *Draco I*. (Agamidae, lacertilia, Reptilia). *Zoologische Verhandelingen*, *199*. https://brill.com/view/title/4010.

Rooij, N.de. (1915). *The reptiles of the Indo Australian Archipelago I (Lacertilia, Chelonia, Emydosauria)*. E.I. Brill Ltd.

Rooij, N.de. (1917). *The reptiles of the Indo Australian Archipelago I (Ophidia)*. E.I. Brill Ltd.

Sidik, I & Mumpuni. (1999). Pengelolaan koleksi herpetologi. Dalam Suhardjono, Y.R (Ed). *Buku Pegangan pengelolaan koleksi spesimen zoologi*. Pusat Penelitian Biologi LIPI.

BAB 7
Inventarisasi Ikan

Renny Kurnia Hadiaty & Ilham Vemandra Utama

Indonesia merupakan negara megadiversitas kedua setelah Brazil. Namun, Indonesia memiliki wilayah terumbu karang terluas di dunia yaitu sekitar 51.090 km^2. Negara kepulauan ini merupakan percampuran keanekaragaman hayati (Allen & Erdmann, 2012). Salah satu bukti dari keanekaragaman hayati yang tinggi adalah dalam enam tahun terakhir, yaitu tahun 2010 sampai dengan Desember 2016 telah diperoleh 64 jenis baru ikan air tawar di Indonesia (Hadiaty & Kottelat 2010; Kadarusman dkk. 2010, 2011, 2012; Last dkk. 2010ab; Parenti & Hadiaty 2010; Allen & Hadiaty 2011, 2013, 2014; Hadiaty & Allen 2011; Ng & Hadiaty 2011; Herder dkk. 2012; Huylebrouck dkk. 2012, 2014; Keith dkk. 2012, 2014ab, 2015; Pouyaud dkk. 2012; Parenti dkk. 2013; Allen dkk. 2014ab, 2015abc, 2016ab; Keith & Hadiaty 2014; Larson dkk. 2014; Mokodongan dkk. 2014; Fahmi & White 2015; Hoese dkk. 2015; Ng dkk., 2015; Nugraha dkk., 2015; Hadiaty 2016; Wibowo dkk., 2016).

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki area karst membentang dari provinsi paling barat, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam sampai ke timur yaitu Provinsi Papua. Wong dkk. (2001)

menyatakan bahwa dalam pertemuan Forum Asia-Pasifik Ekosistem Karst dan Warisan Dunia tentang biodiversitas dan karst, 70 orang ahli dunia dan regional sepakat untuk memberikan rekomendasi pada pemerintah Indonesia tentang 3 hal, yaitu:

1) Mempertimbangkan perluasan Taman Nasional (TN) Lorenz dengan memasukkan daerah aliran Sungai Baliem.
2) Menelaah nilai Karst Gunung Sewu dan Karst Maros, mengidentifikasi perlindungan yang tepat dan juga mengenalkannya pada dunia agar dapat dijadikan sebagai Warisan Dunia.
3) Perlu melakukan survei untuk melengkapi data karst di Tana Toraja (Sulawesi) dan Sangkulirang (Kalimantan).

Hasil lokakarya tersebut menunjukkan bahwa perhatian dunia tehadap kawasan karst Indonesia cukup besar.

Penemuan jenis-jenis baru ikan seperti yang disebut sebelumnya membuktikan bahwa ekosistem karst memiliki keanekaragaman hayati dengan nilai endemisitas tinggi (Clements dkk., 2006), serta penting sebagai warisan budaya kuno dan modern (Vermeulen & Whitten 1999). Wilayah karst di Indonesia sangat luas, dan masih banyak wilayah yang belum diteliti keanekaragaman jenis faunanya, termasuk ikan. Baru sedikit publikasi mengenai ikan karst oleh peneliti Indonesia (Hadiaty 2006, 2007, 2012). Oleh karena itu, masih perlu dilakukan inventarisasi untuk mengungkap kekayaan keanekaragaman hayati yang tersimpan pada ekosistem karst.

Di dalam bab ini diuraikan cara koleksi dan penanganan spesimen ikan, baik perairan di permukaan maupun di perairan bawah tanah. Diharapkan buku ini dapat digunakan praktis untuk melakukan inventarisasi bagi para pemerhati dan penggiat kawasan karst. Dengan demikian, keragaman jenis ikan di kawasan karst dapat lebih diungkap, daya gunanya dapat diketahui dan upaya konservasi dapat dilaksanakan dengan tepat.

A. Perairan di Kawasan Karst

Kawasan karst mempunyai peran penting dalam pemenuhan kebutuhan air bagi kehidupan manusia. Di dunia, 97% air tawar yang tidak membeku dijumpai di area *subsurface*, sedangkan perairan sungai dan danau hanya 2% saja (Gibert & Deharveng, 2002). Penduduk di beberapa tempat di dunia menggantungkan kebutuhan air di sepanjang tahun dari wilayah karst, diperkirakan 25% populasi dunia tergantung dari air karst (Vermeulen & Whitten, 1999). Di Indonesia, walaupun data di luar Pulau Jawa masih sedikit, jutaan orang bergantung pada air di wilayah karst (Vermeulen & Whitten, 1999).

Diketahui ada dua tipe perairan tawar sebagai habitat ikan, yaitu perairan di atas dan di bawah permukaan tanah (gua dan sungai bawah tanah). Perairan di atas permukaan tanah terdiri dari dua kategori, yaitu air tenang atau *lentic* (danau, rawa, kolam) dan mengalir atau *lotic* (sungai) (Lagler dkk., 1962). Khusus untuk kawasan karst, ikan hidup pada tiga macam tipe habitat perairan (Vermeulen & Whitten, 1999), yaitu perairan di atas permukaan tanah, perairan di bawah permukaan tanah, dan perairan karst di muara sungai dekat pantai.

1. Perairan di Atas Permukaan Tanah

Yang termasuk ke dalam tipe perairan permukaan adalah sungai, danau, dan rawa. Jenis ikannya serupa dengan jenis-jenis yang umum dijumpai, hanya di wilayah yang sejarah geologinya berbeda mempunyai kemungkinan menjadi area jenis-jenis endemik. Salah satu contohnya adalah ikan *Nemacheilus marang* dan *Nemacheilus tebo* dari wilayah karst Sangkulirang, Kalimantan Timur serta *Oryzias woworae* dari Danau Fotuno Oe di Pulau Muna, Sulawesi Tenggara (Hadiaty & Kottelat, 2009, 2010; Parenti & Hadiaty, 2010). Di wilayah karst Sangkulirang banyak dijumpai jenis-jenis endemik, tidak hanya ikan, namun juga taksa lainnya (Salas dkk., 2005).

2. Perairan di Bawah Permukaan Tanah

Perairan bawah permukaan tanah adalah sungai atau danau yang berada di dalam gua. Pada umumnya ikan yang sudah beradaptasi

lama dengan ekosistem di dalam gua berbeda dengan yang hidup di perairan permukaan. Jenis yang menetap pada perairan di bawah tanah memiliki ciri khas yang relatif tetap tidak berubah selama berjuta tahun (Gibert & Deharveng, 2002).

Ikan gua pertama di Indonesia dilaporkan oleh Weber & Beaufort (1916), yang menyatakan adanya dua jenis ikan di Gunung Sewu, yaitu ikan jeler (*Nemacheilus fasciatus*) dan wader gua (*Puntius microps*). Wader gua ini termasuk dalam daftar fauna yang dilindungi di Indonesia, berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 716/Kpts/Um/10/1980. Banyak jenis-jenis ikan gua dunia sudah dilaporkan.

Tidak tertutup kemungkinan Indonesia juga memiliki banyak jenis ikan gua, namun sampai sekarang belum banyak diungkap keberadaannya. *Grammonus thielei* dari Pulau Tioman, Sulawesi Utara dan *Bostrychus microphthalmus* dari Gua Tanete, Sulawesi Selatan merupakan contoh jenis ikan yang telah ditemukan dalam gua di Indonesia. Penelitian keanekaragaman fauna karst dan gua di Indonesia masih sangat minim (Deharveng, 2003; Deharveng & Bedos, 2000; Hoese & Kottelat, 2005, Nielsen & Cohen, 2004). Dalam dua dekade terakhir ini, beberapa eksplorasi jenis-jenis ikan di dalam gua dilakukan oleh para peneliti Indonesia, bekerja sama dengan para peneliti asing. Dari hasil kerja sama ini ditemukan jenis ikan buta yaitu *Oxyeleotris colasi* (Pouyaud dkk., 2012).

3. Perairan Karst di Muara Sungai Dekat Pantai

Muara merupakan habitat yang khas karena merupakan pertemuan antara air laut dengan air tawar, dan air yang ada biasanya bersifat payau. Pada pantai kawasan karst biasanya merupakan tebing-tebing tinggi dan gua yang ada sering terdapat di bawah laut. Diperlukan keahlian khusus untuk melakukan inventarisasi ikan dari dalam gua bawah laut. Pada perairan karst muara ini dapat dijumpai komunitas ikan yang khas. Dari gua bawah laut di Pulau Muna dijumpai satu ikan buta, *Diancistrus typhlops* (Nielsen, Schwarzhans & Hadiaty, 2009).

B. Metode

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan penelitian ikan. Tahapan tersebut diawali dengan mempersiapkan semua peralatan yang akan digunakan di lapangan. Kemudian dilanjutkan dengan koleksi ikan dan penanganan spesimen termasuk di laboratorium lapangan, sedangkan tahap terakhir adalah di laboratorium.

1. Koleksi Ikan di Lapangan

Penangkapan ikan dilakukan dengan menggunakan beberapa macam alat tangkap yaitu jaring tarik, jala, jaring, tangguk, pancing, bubu, atau alat tangkap lainnya. Penggunaan alat tangkap ikan disesuaikan dengan habitatnya. Pelaksana survei harus memperhatikan pemilihan alat tangkap, lokasi, atau habitat ikan yang dikunjungi atau jenis ikan target yang diamati. Ketidaktepatan pemilihan alat tangkap dapat berkibat fatal, yaitu tidak mendapatkan hasil tangkapan. Pembekalan pengetahuan habitat ikan akan sangat membantu dalam melakukan kegiatan koleksi.

a) Jaring (*Gill Net*)

Jaring dapat digunakan di sungai, danau, ataupun rawa, terutama yang cukup dalam, setidaknya lebih dari 50 cm. Ukuran mata jaring bermacam-macam, mata jaring terkecil berukuran ¾", 1", dan seterusnya. Nelayan biasanya memilih mata jaring besar untuk mendapatkan jenis-jenis ikan konsumsi. Panjang jaring pun bermacam-macam, yang terpendek sekitar 2 m, umumnya sepanjang 50 m. Penggunaan jaring dapat bervariasi dalam satu kali ekplorasi misalnya menebar 4 set jaring berukuran ¾", 1", 1 ¼", dan 1 ¾" sepanjang 200 m (Gambar 7.1). Kebanyakan ikan hidup berkelompok, hingga sering kali koleksi menggunakan jaring ini bisa mendapatkan banyak sekali ikan. Hanya sayangnya, bila tidak berhati-hati saat melepasnya, ikan akan terkoyak hingga kurang baik bila dikoleksi sebagai spesimen ilmiah.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.1 Jaring, Alat Tangkap yang Digunakan di Sungai, Danau atau Rawa

b) Jala (*Cast Net*)

Jala ini dapat digunakan di perairan sungai, danau, atau rawa (Gambar 7.2) dengan syarat tidak banyak ranting atau kayu di dasar perairan tersebut, karena jala akan tersangkut dan dapat rusak atau putus. Seperti halnya jaring, jala mempunyai bermacam ukuran mata jaring dengan panjangnya yang bervariasi sehingga harus berhati-hati saat melepasnya, dijaga agar ikan tetap utuh.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.2 Jala (*cast net*) biasa digunakan di perairan sungai dan danau yang tidak banyak ranting atau kayu di dasar perairan.

c) Jaring Tarik (*seine net*)

Jaring tarik juga dapat digunakan di sungai, danau atau rawa yang tidak terlalu dalam (Gambar 7.3). Ada dua macam jaring tarik, yaitu

jaring tarik pendek (sekitar 2 m) dan panjang (sekitar 5 m) dengan kantong di tengahnya, mata jaringnya relatif halus sehingga ikan yang kecil pun dapat dikoleksi. Alat ini sangat efektif untuk mengoleksi ikan di perairan, namun sayangnya di Indonesia jaring tarik ini belum ada. Kelebihan lain dari alat ini adalah ikan yang dikoleksi relatif utuh, tidak rusak terkena jaring. Jaring ini sudah direndam dalam *tannin* hingga liat dan kuat, namun tidak melukai kulit atau merusak sisik ikan.

Ket.: A. Koleksi di tepian sungai; B. Koleksi di sungai dalam gua
Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.3 Alat Tangkap Jaring Tarik (*seine net*)

d) Tangguk (*Tray Net*)

Tangguk sebetulnya merupakan jaring yang diberi bingkai, bahannya dapat dari nilon atau bambu (Gambar 7.4). Bingkainya dapat berbentuk persegi, lonjong, atau bundar, terbuat dari rotan, bambu, atau logam. Tangguk yang terbuat dari anyaman bambu atau rotan biasanya digunakan oleh para nelayan atau masyarakat umum. Alat ini dapat digunakan untuk mengoleksi ikan di sungai, kolam, ataupun rawa yang tidak terlalu dalam.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.4 Tangguk (*tray net*)

e) Setrum (*Electrofishing*)

Alat setrum yang digunakan berdaya rendah, menggunakan aki motor 10 volt. Alat ini sangat efektif untuk mengoleksi ikan terutama di sungai dangkal yang berbatu, beraliran deras, banyak rumpang kayu atau ranting. Di habitat tersebut ikan akan bersembunyi, melekat di bebatuan hingga sulit untuk mengoleksinya menggunakan empat alat tersebut di atas. Dalam penggunaan alat setrum ini pelaksana harus berhati-hati jangan sampai terkena setrumnya, meskipun hanya berdaya listrik rendah. Diperlukan keterampilan yang khusus, karena satu tangan memegang tangkai alat setrumnya dan tangan satunya memegang jaring untuk menangkap ikan yang pingsan terkena setrum (Gambar 7.5).

Ket.: A. Di sungai dangkal dengan dasar bebatuan; B. Sungai di hutan, banyak ranting-dahan melintang.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.5 Setrum (*electrofishing*) digunakan pada perairan sungai.

f) Bubu

Merupakan alat perangkap ikan tradisional yang terbuat dari bambu atau rotan dengan ukuran panjang dan diameter bervariasi (Gambar 7.6). Alat ini biasanya ditempatkan di perairan yang tenang seperti rawa atau tepian sungai yang cukup dalam dan tenang. Bubu biasanya ditempatkan pada celah aliran (buatan atau alami) dengan mulut mengarah ke arus datang. Di atas bubu sering ditutupi dahan-dahan atau bebatuan selaian unttuk pemberat juga menutup agar tidak terlihat. Sebelum bubu dipasang biasanya di dalamnya ditaruh umpan, bisa berupa kelapa atau buah sawit yang dibakar atau umpan lainnya. Sekalipun dipasang untuk mendapatkan ikan, namun kadang kala yang masuk dalam bubu kepiting, udang atau fauna lainnya.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.6 Bubu

g) Pancing

Merupakan alat tangkap ikan yang paling sederhana karena pada prinsipnya hanya berupa tangkai yang ujungnya diberi tali dan pada ujung tali diikatkan mata pancingnya. Namun, jenis-jenis pancing berkembang sedemikian rupa sehingga bentuk mata kailnya bervariasi ukurannya tergantung ikan target yang diinginkan. Sebagai umpan yang dipasang pada ujung mata kail juga berkembang, yang awalnya hanya potongan cacing tanah, sekarang berkembang berdasarkan ikan target sasaran. Dapat berupa umpan binatang asli seperti udang kecil atau ikan kecil, tetapi juga yang buatan dari bahan akrilik yang dibentuk menyerupai binatang atau bahan pakan campuran. Namun, dalam eksplorasi atau kegiatan inventarisasi, pancing jarang digunakan karena sifatnya hanya menangkap individual ikan (seekor) dan memerlukan waktu yang lama, tidak efektif apabila dibandingkan alat tangkap lainnya.

C. Penanganan Spesimen di Lapangan

Ikan yang telah ditangkap menggunakan berbagai macam alat tersebut di atas selanjutnya diproses melalui beberapa tahapan bilamana akan dijadikan spesimen koleksi. Namun, sebelum dilakukan proses pengawetan harus dibuat pendataan dan dokumentasi dari spesimen yang bersangkutan. Dokumentasi yang dimaksud adalah pemotretan spesimen sebelum diperlakukan ke dalam bahan pengawet. Setelah dokumentasi, dilanjutkan pengawetan dengan didahului dengan proses fiksasi, pengemasan setiap individu ikan untuk dikemas dalam kotak koleksi.

1. Pemotretan

Pemotretan perlu dilakukan karena pola warna ikan selagi masih hidup perlu diabadikan karena warna yang indah dari ikan biasanya akan larut di dalam larutan fiksasi atau pengawet. Oleh karena itu, ketika menangkap di lapangan, harus diupayakan ikan tetap hidup bilamana dibawa ke tempat menginap (laboratorium lapangan). Untuk pemotretan ini dipilih ikan yang terbaik, dimasukkan dalam stoples atau ember plastik berpenutup. Untuk menjaga agar ikan tetap hidup, maka wadah untuk membawa ikan diberi aerator. Namun, kadang-kadang pemotretan dapat langsung dilakukan di lokasi penangkapan. Tahapan pemotretan (Gambar 7.7):

a) Persiapkan akuarium, dengan dasarnya diberi pasir bersih atau batu-batu kecil lalu ditambahkan air jernih. Untuk memberi kesan alami dapat ditambah tanaman air yang diatur penempatannya di dalam akuarium.

b) Masukkan ikan dengan hati-hati kemudian dilakukan pengambilan foto ikan dalam berbagai posisi sesuai dengan jenisnya.

c) Pengambilan foto ikan sebaiknya dilakukan sesegera mungkin, bisa di tepi sungai bila situasi dan kondisinya memungkinkan, namun dapat juga dilakukan di tempat penginapan pada malam hari.

d) Seusai pengambilan foto, ikan difiksasi dan diberi label.

Ket.: A. Akuarium disiapkan; B. Akuarium sudah siap untuk diisi ikan yang akan difoto.
Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.7 Pengambilan Foto Ikan

2. Fiksasi

Fiksasi ini bertujuan untuk mengawetkan jaringan tubuh ikan sehingga dapat disimpan untuk jangka waktu yang lama. Adapun langkahnya sebagai berikut:

a) Ikan sebaiknya segera difiksasi setelah ditangkap.
b) Fiksasi dilakukan dengan menggunakan larutan formalin sekitar 4–9%, tergantung pada ukuran ikan: besar dan tebal. Ikan yang besar dan tebal disuntik dengan formalin di bagian perut dan punggung agar cairan pengawet ini meresap di dalam tubuh sehingga tidak terjadi pembusukan.
c) Ikan dalam larutan fiksasi ini diletakkan di baki plastik, mendatar/rata dengan tujuan agar tubuh ikan lurus sehingga mudah saat diidentifikasi. Akan tetapi, untuk ikan yang berukuran besar dan panjang, pelaksanaan fiksasi dilakukan di dalam plastik tahan santan/panas atau dalam botol *nalgene.* Plastik yang digunakan disesuaikan dengan besar atau panjangnya ikan.

d) Fiksasi juga dapat dilakukan dengan menggunakan alkohol 96%, terutama ditujukan untuk spesimen yang akan digunakan penelitian molekuler.
e) Label singkat dengan informasi tanggal dan kode lokasi disertakan dalam tiap kantong plastik. Tiap kantong plastik harus diberi label.
f) Kertas label sebaiknya berupa kertas kalkir yang agak tebal, penulisan label menggunakan pena gambar atau pensil.

3. Pengemasan Spesimen

a) Ikan yang telah difiksasi dengan formalin tubuh akan kaku dan mengeras.
b) Selanjutnya masing-masing individu ikan dibalut dengan kain kasa sampai beberapa lapis menjaga agar bentuk tubuh atau sirip ikan terbungkus rapi tanpa terlipat (Gambar 7.8A).
c) Tiap bungkus ikan disertai label sesuai dengan label saat fiksasi, bila label ini koyak atau rusak harus diganti dengan label baru.
d) Ketika proses pembungkusan digunakan sarung tangan plastik/karet, pinset dan baki plastik untuk tempat sementara (Gambar 7.8B). Dalam pembungkusan spesimen ikan, harus diperhatikan supaya tidak terlalu banyak cairan, tetapi kain kasa pembalutnya cukup basah atau lembap dan cairan tidak berlebihan.
e) Ikan-ikan yang dibalut tadi dimasukkan dalam kantong plastik besar dan tebal kemudian diberi larutan formalin, spesimen dari beberapa lokasi penelitian dapat dimasukkan menjadi satu kantong plastik. Jaga jangan sampai kantong plastik bocor.
f) Sisa formalin dibuang di tempat yang aman atau ditampung untuk dibuang bersama bahan kimia lainnya.
g) Kantong plastik tebal biasanya berukuran 40 cm x 60 cm, setelah ikan dimasukkan semua, plastik diikat kuat dengan karet gelang, perkuat dengan lakban.

h) Masukkan dalam kotak karton yang tebal atau dalam kotak es yang sebelumnya telah diberi label, lalu dikirim ke laboratorium tempat pelaksana bekerja untuk pemrosesan lebih lanjut.

i) Beri alamat yang jelas agar tidak mengalami kendala dalam proses pengiriman. Biasanya agen jasa pengiriman akan menanyakan isi kemasan atau kotak. Bilamana dikatakan spesimen dalam cairan pasti akan ditolak, oleh karena itu peran kerapian dalam pembungkusan spesimen sangat dibutuhkan dengan tidak banyak cairan dalam kantong setiap spesimen.

Ket.: A. Memilah hasil koleksi ikan; B. Membungkus ikan per jenis, per lokasi menggunakan kain kasa; C. Tumpukan ikan yang telah dibungkus kain kasa.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018).

Gambar 7.8 Pengemasan Spesimen Ikan

D. Penanganan Ikan di Laboratorium

1. Pencucian

a) Di laboratorium, ikan dibuka dari bungkusan kain kasa, diatur pada baki plastik, kemudian diletakkan di bawah kran mengalir (direndam dalam air mengalir) selama beberapa jam, atau direndam dalam air dan diganti beberapa kali. Tujuan dari pencucian ini adalah untuk menghilangkan sisa formalin yang ada dalam tubuh ikan.

b) Sebaiknya selama pencucian spesimen dilakukan di bawah kipas angin penyedot (*fume hood*) atau di tempat terbuka. Uap formalin akan menimbulkan rasa pedih pada mata dan sesak nafas bagi

pelaksananya. Di samping itu juga dapat menyebabkan iritasi kulit, oleh karena itu selama mengerjakan spesimen diharuskan mengenakan sarung tangan plastik atau karet. Dengan pencucian maka formalin dapat dihilangkan sehingga akan mempermudah pada saat pemilahan serta identifikasi ikan serta menjaga keselamatan dan kesehatan pelaksananya.

2. Pemilahan/Sortir

a) Pemilahan merupakan tahap awal identifikasi. Kegiatan ini dilakukan untuk mengelompokkan ikan ke dalam kelompok-kelompok yang sama, tanpa perlu mengenal nama jenisnya terlebih dahulu.

b) Ikan dipilah berdasarkan jenis dari setiap lokasi penelitian, kemudian diletakkan di baki plastik yang diberi air sampai ikan terendam (Gambar 7.9) untuk mencegah ikan tidak menjadi kering sehingga sirip-siripnya tidak mudah patah.

c) Setiap jenis diberi label berisi tanggal dan lokasi.

d) Bila botol sudah tersedia, tiap jenis dimasukkan ke dalamnya dan diisi alkohol 75% (Gambar 7.9). Namun, bilamana botol belum tersedia, spesimen dapat dimasukkan ke dalam kantong plastik terlebih dahulu. Setiap jenis yang berasal dari satu lokasi dimasukkan ke dalam satu kantong plastik yang berisi alkohol. Langkah berikutnya adalah kantong-kantong tersebut kemudian dikelompokkan dengan jenis lainnya dari satu lokasi yang sama, dan dimasukkan ke dalam tong atau ember plastik berisi alkohol.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.9 Pemilahan spesimen ikan, dipilah berdasar kelompok lalu dimasukkan dalam botol kaca berisi alkohol sekitar 75%.

3. Identifikasi

a) Koleksi spesimen yang baik harus disertai nama ilmiah pada setiap jenis dari masing-masing lokasi dan tanggal koleksi serta setiap pengumpul (kolektor).

b) Identifikasi ikan dapat dilakukan berdasarkan pada beberapa buku dan/atau publikasi ilmiah acuan, yaitu Weber & de Beaufort (1916), Brittan (1954), Kottelat (1984), Roberts (1989), Allen (1991), Kottelat dkk. (1993), Kottelat & Widjanarti (2005), Tan & Kottelat (2009), Hadiaty (2014), dan Hadiaty & Yamahira (2014).

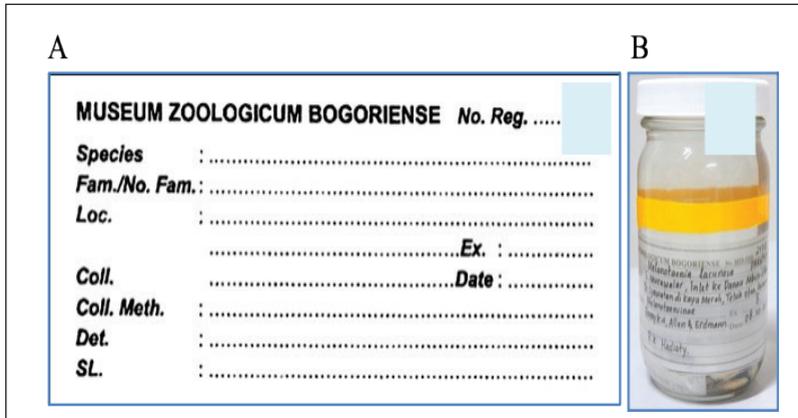
c) Label hasil identifikasi dimasukkan ke dalam botol/kantong plastik dari setiap jenis yang diidentifikasi. Ikan yang telah diidentifikasi dan lengkap dengan label, dimasukkan dalam botol kaca yang diisi penuh dengan alkohol 75%.

4. Pemberian Label

Pemberian label setiap spesies sangat penting dilakukan. Dalam label tersebut tertera nama jenis, lokasi tempat ikan diambil, jumlah spesimen, nama kolektor, tanggal dilakukannya koleksi, dan informasi lain yang diperlukan (Gambar 7.10).

A

MUSEUM ZOOLOGICUM BOGORIENSE No. Reg. .....
Species :..
Fam./No. Fam.: ....
Loc. :..
....Ex. : ....
Coll. ....Date : ....
Coll. Meth. :..
Det. :..
SL. :..

B

Ket.: A. Contoh label koleksi ikan yang ada di Laboratorium Iktiologi; B. Spesimen dalam botol.
Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.10 Pemberian Label

E. Penyimpanan Spesimen

Semua spesimen hasil koleksi yang telah diidentifikasi, diberi label, dan sudah dimasukkan ke dalam botol berisi alkohol, diregistrasi serta dicatat dalam buku katalog (Gambar 7.11A–B). Akan tetapi, tidak semua laboratorium yang memiliki koleksi ikan menerapkan sistem pencatatan dengan buku katalog. Sebetulnya yang dimaksudkan dengan buku katalog adalah daftar catatan spesimen-spesimen yang dikoleksi, diberi nomor koleksi berdasarkan urutan. Setiap spesimen memiliki nomer registrasi masing-masing.

Museum atau laboratorium yang tidak menerapkan sistem pencatatan dengan buku katalog dapat mencatat tambahan koleksi

langsung ke dalam database spesimen yang dimiliki. Pada museum yang sudah berkembang *database*-nya, catatan koleksi spesimen ini biasanya dihubungkan juga dengan pembuatan label dan juga kebutuhan lainnya seperti transaksi spesimen.

Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) masih menggunakan sistem buku katalog. Buku katalog ini memiliki kelebihan, yaitu bilamana terjadi kerusakan sistem komputer, data yang tersimpan tetap selamat, kekurangannya adalah memakan tempat. Spesimen yang sudah dicatat dalam buka katalog akan memiliki nomer registrasi masing-masing. Selanjutnya spesimen tersebut disimpan di ruang koleksi, botol-botol spesimen disusun dalam kompaktus ataupun di rak-rak besi (Gambar 7.11C). Penyimpanan spesimen ikan di MZB disusun berdasarkan filogeni, nama famili, genus, dan spesiesnya.

Dalam perawatan, secara berkala kondisi spesimen di setiap botol koleksi harus diperiksa. Pengamatan dilakukan terhadap alkohol di dalam botol antara lain pengamatan warna dan bau. Bilamana terjadi perubahan warna alkohol, hal itu menandakan terjadinya proses pelarutan tubuh ikan yang mungkin disebabkan fiksasi tidak sempurna. Alkohol berbau tajam dan khas, bilamana ketajaman bau tersebut berkurang menandakan kadar alkohol menurun akibat penguapan. Apabila botol yang digunakan berkualitas baik maka tidak akan ada evaporasi/penguapan sehingga alkohol dalam botol tidak turun kadarnya dan spesimen tetap dalam kondisi baik selama bertahun-tahun. Namun bilamana tutup botol kurang baik, akan terjadi penguapan, penurunan prosentase alkohol, untuk itu perlu dicek dengan alkoholmeter. Alkohol yang berubah warna perlu diganti, sedangkan yang menurun kadarnya harus ditambah lagi sehingga persentase kembali 70%.

A

Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) catalog book

No Kat	Species	Famili	Tempat & Habitat	Tgl Koleksi	Kolektor	Jml	Type	Ket
8644								
8645	*Osteochilus jeruk*	Cyprinidae	Sumatra, Aceh Selatan, Kec. Kluet Selatan, Sungai Lembang, Desa Pucuk Lembang	4/9/1997	RK Hadiaty & A. Mun'im	1	Holotype	
8646	*Osteochilus jeruk*	Cyprinidae	Sumatra, Aceh Selatan, Kec. Kluet Selatan, Sungai Lembang, Desa Pucuk Lembang	1/9/1997	RK Hadiaty & A. Mun'im	1	Paratype	
8650								

Ket.: A & B. Informasi mengenai spesimen koleksi dicatat di buku katalog; C. setelah data lengkap spesimen disimpan di dalam ruang koleksi dan diletakkan dalam kompaktus atau rak besi.

Sumber: Rennny K. Hadiaty (2018)

Gambar 7.11 Proses Penyimpanan Spesimen

Daftar Pustaka

Allen, G. R & Hadiaty, R. K. (2013). *Melanotaenia sneideri*, a new species of rainbowfish (Melanotaeniidae) from West Papua Province, Indonesia. *Aqua*, *19*(3), 137–146.

Allen, G. R. & Erdmann, M. V. (2012). Reef fishes of the East Indies. Volumes I-III. *Tropical Reef Research*.

Allen, G. R. & Hadiaty, R. K, (2011). A new species of rainbowfish (Melanotaeniidae) from western New Guinea (West papua Province, Indonesia). *Journal of the Australian New Guinea fishes association Fishes of Sahul*, *25*(1), 601–607.

Allen, G. R. & Hadiaty, R. K. (2014). Two new species of freshwater gudgeons (Eleotridae: Morgurnda) from the Arguni Bay Region of West Papua, Indonesia. *Aqua*, *20*(2), 97–110.

Allen, G. R. (1991). *Field guide to the freshwater fishes of New Guinea*. Christensen Research Institute.

Allen, G. R., Erdmann, M. V., & Hadiaty, R. K. (2015c). *Acentrogobius limarius* a new species of goby (Pisces: Gobiidae) from West Papua Province, Indonesia. *Journal of the Ocean Science Foundation*, *15*, 33–40.

Allen, G. R., Hadiaty, R. K., Unmack, P. J. & Erdmann, M. V. (2015a). Rainbowfishes (Melanotaenia: Melanotaeniidae) of the Aru Islands, Indonesia with descriptions of five new species and redescription of M. Patoti Weber and M. senckenbergianus Weber. *Aqua, International Journal of Ichthyology, 21*(2), 66–108.

Allen, G. R., Hadiaty, R. K. & Unmack, P. J. (2014a). *Melanotaenia flavipinnis*, a new species of Rainbowfish (Melanotaeniidae) from Misool island, West Papua Province, Indonesia. *Aqua, 20*(1), 35–52.

Allen, G. R., Peristiwady, T. & Erdmann, M. V. (2014b). *Vanderhorstia lepidobucca*, a new species of shrimp goby from Sulawesi, Indonesia. *Aqua, International Journal of Ichthyology, 20*(2), 81–86.

Allen, G. R., Unmack, P. J. & Hadiaty, R. K. (2015b). *Melanotaenia rubrivittata*, a new species of rainbowfish (Melanotaeniidae) from Northwestern Papua Province, Indonesia. *Fishes of Sahul, 29*(1), 846–858.

Allen, G. R., Unmack, P. J. & Hadiaty, R. K. (2016b). The goldiei group of rainbowfishes (Melano-taeniidae) from the Birds Neck region of New Guinea (Papua and West Papua Provinces, Indonesia) with descriptions of five new species and recognition of *Melanotaenia dumasi* Weber. *Aqua, 22*(1), 1–32.

Allen, G. R., Unmack, P. J., & Hadiaty, R. K. (2016a). *Pseudomugil luminatus*, a new species of Blue-eye (Teleostei: Pseudomugilidae) from southern New Guinea, with notes on *P. gertrudae*. *Fishes of Sahul, Journal of the Australia New Guinea Fisheries Association, 30*(1), 950–961.

Brittan, M. R. (1954). A revision of the Indo-Malayan fresh-water fish genus *Rasbora*. *TFH Publications*, 1–224, Unnum.

Clements, R., Sodhi, N. S., Schilthuizen, M. & Ng, P. K. L. (2006). Limestone karsts of Southeast Asia: Imperiled arks of biodiversity. *Bioscience, 56*(9), 733–742.

Deharveng, L. & Bedos, A. (2000). The cave fauna of Southeast Asia: Origin, evolution and ecology. Dalam H. Wilkens, D.C. Culver, & W. Humpreys (Eds.), *Ecosystem of the world subterranean ecosystems* (603–633). Elsevier.

Deharveng, L. (2003). Asia Southeast: Biospeleology. In J. Gunn (Ed.), *Encyclopedia of caves and karst science* (233–234). Fitzroy Dearborn An Imprint of the Taylor and Francis Group.

Fahmi & White, W. T. (2015). *Atelomycterus erdmanni*, a new species of catshark (Scyliorhinidae: Carcharhiniformes) from Indonesia. *Journal of the Ocean Science Foundation* 14, 14–27.

Gibert, J. & Deharveng, L. (2002). Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. *Bioscience, 52*(6), 473–481.

Hadiaty, R. K & Kottelat, M. (2010). *Nemacheilus marang*, a new loach (Teleostei: Nemacheilidae) from Sangkulirang karst, Eastern Borneo. *Zootaxa 2557*, 39–48.

Hadiaty, R. K. & Allen, G. R. (2011). *Glossamia n*. sp., a new species of freshwater cardinalfish (Apogonidae) from West Papua Province, Indonesia. *Aqua Journal of Ichthyology, 17*(3), 173–180.

Hadiaty, R. K. & Kottelat, M. (2009). *Nemacheilus tebo*, a new loach from Sangkulirang Karst, East Kalimantan, Indonesia (Teleostei: Nemacheilidae). *Raffless Bulletin of Zoology, 57*(1), 119–125.

Hadiaty, R. K. & Yamahira, K. (2014). The loaches of the genus *Nemacheilus* (Teleostei: Nemacheilidae) in Sunda Islands, with an identification key. *Jurnal Iktiologi Indonesia, 14*(2), 1–18.

Hadiaty, R. K. (2007). Kajian ilmiah ikan pelangi, *Marosatherina ladigesi* (Ahl 1936), Fauna endemik Sulawesi {Scientific review of a rainbow fish, Marosatherina ladigesi (Ahl 1936) an endemic fauna of Sulawesi*}*. *Berita Biologi, 8*(6), 473–479.

Hadiaty, R. K. (2012). Ikan, dalam Fauna Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan. Dalam Suhardjono & Ubaidillah (Ed.). *Fauna karst dan gua Maros, Sulawesi Selatan,* 89–113. LIPI Press.

Hadiaty, R. K. (2014). Taxonomic study of the genus *Nemacheilus* (Teleostei: Nemacheilidae) in Indonesia. [Tesis, University of the Ryukyus]. http://ir.lib.uryukyus.ac.jp/handle-/123456789/29676.

Hadiaty, R. K. (2016). Penemuan jenis baru ikan air tawar Indonesia koleksi Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) periode tahun 2010–2016. *Prosiding SEMNAS Ikan 9*, I, 359–398.

Hadiaty, R. K.(2006). Ikan di kawasan karst. Dalam *Manajemen bioregional: Karst, masalah dan pemecahannya, dilengkapi kasus Jabodetabek*, 143–150. Pusat Penelitian Biologi, LIPI.

Herder, F., Hadiaty, R. K. & Nolte, A. (2012). Pelvic-fin brooding in a new species of riverine ricefish (Atherinomorpha: Beloniformes: Adryanichthyidae) from Tana Toraja, Central Sulawesi, Indonesia. *Raffless Bulletin of Zoology 60*(2), 267–476.

Hoese, D. F., Hadiaty, R. K. & Herder, F. (2015). Review of the dwarf Glossogobius lacking head pores from the Malili lakes, Sulawesi, with a discussion of the definition of the genus. *Raffless Bulletin of Zoology 63*(1), 14–26.

Hoese, D.F. & Kottelat, M. (2005). *Bostrychus microphthalmus*, a new microphthalmic cavefish from Sulawesi (Teleostei: Gobiidae). Ichthyol. Explor. *Freshwate 16*(2), 183–191.

Huylebrouck, J, Hadiaty, R. K., & Herder, F. (2012). *Nomorhamphus rex*, A new species of viviparous halfbeak (Atherinomorpha: Beloniformes: Zenarchopteridae) endemic to Sulawesi Selatan, Indonesia. *Raffless Bulletin of Zoology 60*(2), 477–485.

Huylebrouck, J, Hadiaty, R. K. & Herder, F. (2014). Two new species of viviparous halfbeak (Atherinomorpha: Beloniformes: Zenarchopteridae) endemic to Sulawesi Tenggara, Indonesia. *Raffless Bulletin of Zoology 60*(2), 200–209.

Kadarusman, Hadiaty, R. K., Segura, G., Setiawibawa, G., Caruso, D. & Pouyaud, L. (2012). Four new species of Rainbowfishes (Melanotaeniidae) from Arguni Bay, West Papua, Indonesia. *Cybium 36*(2), 362–382.

Kadarusman, Sudarto, Paradis, E. & Pouyaud, L. (2010). Description of *Melanotaenia fasinensis*, a new species of rainbowfish (Melanotaeniidae) from West Papua, Indonesia with comments on the rediscovery of *M. ajamaruensis* and the endangered status of *M. parva*. *Cybium 34*(2), 207–215.

Kadarusman, Sudarto, Slembrouck, J. & Pouyaud, L. (2011). Description of *Melanotaenia salawati*, a new species of rainbowfish (Melanotaeniidae) from Salawati Island, West Papua, Indonesia. *Cybium 35*(3), 223–230.

Keith, P. & Hadiaty, R. K. (2014). *Stiphodon annieae*, a new species of freshwater goby from Indonesia (Gobiidae). *Cybium 38*(4), 267–272.

Keith, P., Busson, F., Sauri, S., Hubert, N. & Hadiaty, R. K. (2015). A new *Stiphodon* (Gobiidae) from Indonesia. *Cybium 39*(3), 219–225

Keith, P., Hadiaty, R. K., & Lord, C. (2012). A new species of *Belobranchus* (Teleostei: Gobioidei: Eleotridae) from Indonesia. *Cybium 36*(3), 479–484.

Keith, P., Hadiaty, R. K., Busson, F., & Hubert, N. (2014b). A new species of *Sicyopus* (Gobiidae) from Java and Bali. *Cybium 38*(3), 173–178.

Keith, P., Hadiaty, R. K., Hubert, N., Busson, F., & Lord, C. (2014a). Three new species of *Lentipes* from Indonesia. *Cybium 38*(2), 133–146.

Kottelat, M. & Widjanarti, E. (2005). The fishes of Danau Sentarum National Park and the Kapuas Lakes Area, Kalimantan Barat, Indonesia. *Raffles Bulletin of Zoology 13*, 139–173.

Kottelat, M. (1984). Revision of the Indonesian and Malaysian *Noemacheiline Loaches*. *Japanese Journal of Ichthyology 31*, 225–151.

Kottelat, M., Whitten, A. J., Kartikasari, S. N. & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Edition.

Lagler, K. F., Bardach, J. E., & Miller, R. R. (1962). *Ichthyology*. John Wiley.

Larson, H. K., Geiger, M. F., Hadiaty, R. K., & Herder, F. (2014). *Mugilogobius hitam*, a new species of freshwater goby (Teleostei: Gobioidei: Gobiidae) from Lake Towuti, central Sulawesi, Indonesia. *Raffless Bulletin of Zoology 62*, 718–725.

Last, P. R., Fahmi & Naylor, G. J. P. (2010b). *Pastinachus stellurostris* sp. nov., a new stingray (Elasmobranchii: Myliobatiformes) from Indonesian Borneo. Dalam Descriptions of new sharks and rays from Borneo. *CSIRO Marine and Atmospheric Research 032*, 129–139.

Last, P. R., Fahmi, & Ishihara, H. (2010a). *Okamejie cairae* sp. nov. (Rajoidei: Rajidae), a new skate from the South China Sea. Dalam Descriptions of new sharks and rays from Borneo. *CSIRO Marine and Atmospheric Research 032*, 89–100.

Mokodongan, D. F., Tanaka, R. & Yamahira, K. (2014). A new ricefish of the genus *Oryzias* (Belontiformes, Adrianichthyidae) from Lake Tiu, central Sulawesi, Indonesia. *Copeia 3*, 561–567.

Ng, H. H. & Hadiaty, R. K. (2011). *Clarias microspillus*, a new walking catfish (Teleostei: Clariidae) from northern Sumatra, Indonesia. *Journal of Threatened Taxa 3*(3), 1577–1584.

Ng, H. H., Hadiaty, R. K., Lundberg, J. G. & Luckenbill, K. R. (2015). A new genus and species of bagrid catfish from northern Sumatra (Siluriformes: Bagridae). *Proceeding of the Academy of Natural Science of Philadelphia*, 2015, 149–157.

Nielsen, J. G. & Cohen, D. M. (2004). *Grammonus thielei* (Ophidiiformes: Bythitidae) a new bythitid cavefish from off Sulawesi, Indonesia. *The Beagle, Records of the Museums and Art Galleries of the Northern Territory, 20*, 83–86.

Nielsen, J. G., Schwarzhans, W. & Hadiaty, R. K. (2009). Ablind, new species of *Diancistrus* (Teleostei, Bythitidae) from three caves on Muna Island, southeast of Sulawesi, Indonesia. *Cybium*, *33*(3), 241–245.

Nugraha, M. F. I., Kadarusman, Hubert, N., Avarre, J. C., Hadiaty, R. K., Slembrouck, J., Carman, O., Sudarto, Ogistira, R., & Pouyaud, L. (2015). Eight new species of Rainbow-fishes (Melanotaeniidae) from the Bird's Head Region, West Papua, Indonesia. *Cybium*, *39*(2), 99–130.

Parenti, L. R. & Hadiaty, R. K. (2010). A new, remarkably colorful, small ricefish of the genus *Oryzias* (Beloniformes, Adryanichthyudae) from Sulawesi, Indonesia. *Copeia*, *2*, 268–273.

Parenti, L. R., Hadiaty, R. K., Lumbantobing, D. & Herder, F. (2013). Discovery and description of two new ricefishes of the genus *Oryzias* (Atherinomorpha, Beloniformes, Adrianichthyidae) augments the endemic freshwater fish fauna of Southeastern Sulawesi, Indonesia. *Copeia*, *3*, 403–414.

Pouyaud, L., Kadarusman, Hadiaty, R. K., Slembrouk, J., Lemauk, N., Kusumah, R. V. & Keith, P. (2012). *Oxyeleotris colasi* (Teleostei: Eleotridae), a new blind cave fish from Lengguru in West Papua, Indonesia. *Cybium*, *36*(4), 521–529.

Roberts, T. (1989). *The freshwater fishes of Western Borneo*. California Academy of Sciences.

Salas, L. A., Bedos, A., Deharveng, L., Fryer, S., Hadiaty, R. K., Heryanto, Munandar, Nardiyono, Noerdjito, M., Noerdjito, W., Rahmadi, C,

Riyanto, A., Rofik, Ruskamdi, A., Struebig, M. J., Suhardjono, Y., Suyanto, A., Vermeulen, J. J., Walck, C.,Wiriadinata, H , Meijaard, E., & Stanley, S. (2005). Biodiversity, endemism and the conservation of limestone Karsts in the Sangkulirang Peninsula, Borneo. *Biodiversity*, *6*(2), 15–23.

Tan, H. H. & Kottelat, M. (2009). The fishes of the Batang Hari drainage, Sumatra, with description of six new species. chthyol. *Explor. Freshwaters*, *20*(1), 13–69.

Vermeulen, J. & Whitten, T. (1999). *Biodiversity and cultural property in the management of limestone resources lessons from East Asia*. The International Bank for Reconstruction and Development (The World Bank).

Weber, M. & de Beaufort, L. F. (1916). *The fishes of the Indo-Australian Archipelago III*. Brill.

Wibowo, A., Ahnelt, H. & Kertamihardja, E. S. (2016). *Pectenocypris nigra*, a new danionine species (Teleostei: Cyprinidae: Danioninae) from Sumatra (Indonesia). *Acta Biologica Turcica*, *29*(4), 137–142.

Wong, T., Hamilton-Smith, E., Chape, S., & Friederich, H. (2001). *Proceedings of the Asia-Pacific Forum on Karst Ecosystems and World Heritage, Mulu, Malaysia*. Environment Australia for International Union for Conservation of Nature.

BAB 8
Inventarisasi Moluska di Kawasan Karst

Nur R. Isnaningsih, Ristiyanti M. Marwoto, Nova Mujiono, Alfiah, & Riena Prihandini

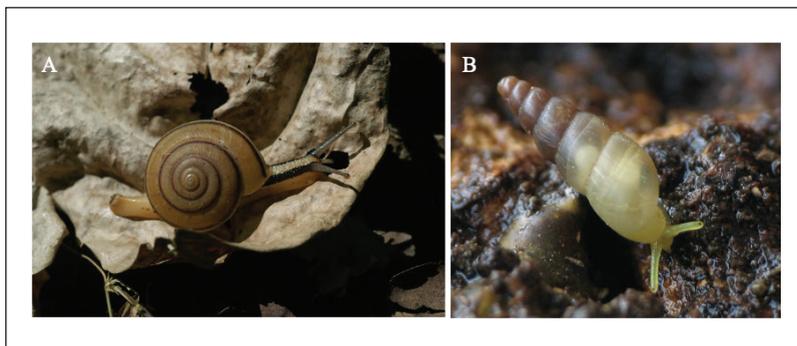
Moluska merupakan salah satu kelompok fauna yang dijumpai di kawasan karst. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman moluska di beberapa lokasi kawasan karst di Indonesia. Listiawan dkk. (2008) melaporkan 9 jenis keong darat dari kawasan karst Gunung Kidul. Sementara itu, Heryanto (2012a) mencatat ada sekitar 15 jenis keong darat dari kawasan yang sama. Adapun untuk keong dan kerang air tawar dari karst Gunung Kidul dilaporkan sekurang-kurangnya ada 11 jenis (Isnaningsih & Listiawan, 2010). Marwoto & Isnaningsih (2012) mencatat sebanyak 33 jenis keong darat dan 10 jenis keong air tawar yang dapat dijumpai dari kawasan karst Maros.

Keanekaragaman jenis moluska dari kawasan karst sangat penting untuk diketahui. Informasi tersebut dapat melengkapi data keanekaragaman hayati kawasan karst yang menjadi pedoman dalam mengambil langkah-langkah pelestarian dan mendukung kegiatan konservasi. Tindakan-tindakan konservasi di kawasan karst sudah selayaknya digalakkan mengingat tekanan dan ancaman yang makin marak, padahal inventarisasi moluska belum tuntas dilakukan. Aktivitas penambangan batu kapur sebagai bahan dasar pembuatan

semen seringkali menjadi bumerang yang berujung pada eksploitasi berlebihan terhadap kawasan karst. Tidak tertutup kemungkinan terjadi penyusutan keanekaragaman dari dampak gangguan kawasan karst oleh aktivitas manusia. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan inventarisasi moluska untuk mengungkap keanekaragaman hayati moluska dari kawasan karst. Kegiatan inventarisasi tersebut perlu didukung oleh pengetahuan tentang metode koleksi moluska yang benar dan didukung pengetahuan habitat moluskanya sehingga dapat memberikan luaran data yang benar dan sahih.

A. Habitat Moluska di Kawasan Karst

Moluska dapat dijumpai hidup di darat (*terrestrial*), di perairan laut (*marine*), serta perairan tawar (*freshwater*) seperti di sungai, danau, dan rawa-rawa. Karst merupakan salah satu kawasan yang menjadi surga bagi moluska. Moluska yang dijumpai di kawasan karst adalah dari kelompok keong (kelas Gastropoda) dan kerang (kelas Bivalvia). Kelompok keong dapat hidup di darat dan di perairan, sedangkan kelompok kerang hanya hidup di perairan.

Keong darat banyak dijumpai di sekitar gua-gua karst. Keong-keong berukuran besar seperti *Cyclophorus perdix perdix*, *Hemiplecta* dan *Elaphroconcha* biasanya dijumpai di antara serasah daun, bersembunyi di bawah kayu lapuk, atau di balik bebatuan (Gambar 8.1A). Bekicot atau keong racun (*Lissachatina fulica*) tersebar luas dan banyak dijumpai di pinggiran hutan berbatasan dengan lahan pertanian milik penduduk. Sementara itu, keong yang berukuran lebih kecil seperti *Landouria winteriana* dan *L. rotatoria* biasanya hidup di ceruk-ceruk bebatuan kapur. Jarang sekali keong darat yang ditemui hidup di dalam gua. Sejauh ini hanya jenis *Subulina octona* yang pernah dijumpai menempel di dinding dalam gua karst tidak jauh dari mulut gua. Keong *S. octona* merupakan jenis aksidental yang hanya berkunjung ke gua, tetapi tidak hidup di dalamnya (Gambar 8.1.B).

Ket.: A. *Elaphroconcha javacensis*; B. *Subulina octona*
Foto: Heryanto & NR. Isnaningsih (2016)

Gambar 8.1 Keong Darat yang Dijumpai di Sekitar Gua Karst

Kelembapan yang tinggi di dalam gua sebenarnya menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai bagi keong, akan tetapi terbatasnya sirkulasi O_2 dan CO_2 justru membatasi kemampuan hidupnya (Hubendick, 1958). Haase dan Schilthuizen (2007) pernah melaporkan adanya keong *Georissa filiasaulae* dari wilayah Sabah, Malaysia yang merupakan spesies keong *troglobit* atau harus hidup di dalam gua karst.

Jenis-jenis moluska pada ekosistem karst memang memiliki syarat habitat yang spesifik (Clements dkk. 2006; Clements dkk. 2008). Keong-keong darat umumnya tidak banyak dijumpai di area atau permukaan batuan karst yang terpapar sinar matahari langsung. Meskipun demikian ada juga keong yang mampu bertahan hidup pada habitat tersebut, salah satunya adalah *Gyliotrachela fruhstorferi*. Menurut Heryanto (2012a), jenis ini hanya dijumpai di kawasan karst pada permukaan batuan kapur yang terkena cahaya matahari langsung. Keong *G. fruhstorferi* (kelompok *Pulmonata*) memiliki organ paru-paru sebagai alat pernafasannya. Oleh karena itu, kondisi lingkungan yang kering dan kelembapan udara yang berfluktuasi tidak begitu berpengaruh sehingga keong masih mampu bertahan hidup dengan cara melapisi mulut cangkangnya dengan lendir dan menjadi tidak aktif.

Ket.: A. Habitat keong darat di kawasan karst, yang salah satunya yaitu pada ceruk-ceruk di depan mulut gua; B. Habitat keong air tawar pada aliran sungai-sungai yang masuk atau keluar gua.

Foto: NR. Isnaningsih (2015)

Gambar 8.2 Habitat Keong

Keong darat menyukai kawasan yang ternaungi dan ditumbuhi lumut seperti daerah di sekitar mulut gua (Gambar 8.2A). Beberapa jenis keong darat kelompok *Prosobranchia* dapat berespirasi dengan menggunakan permukaan mantelnya. Meskipun pada kondisi kering, kelompok keong ini tetap bisa bertahan hidup karena menutup mulut cangkangnya dengan tutup cangkang (*operculum*), pada kondisi aktif, keong ini sangat bergantung pada suplai oksigen. Oleh karena itu, kelompok keong *Prosobranchia* ini banyak dijumpai pada permukaan yang ditumbuhi lumut yang dapat menyuplai oksigen dan mencipta-kan kondisi lembap yang diperlukannya (Berry, 1961).

Keong dan kerang air tawar dari karst dijumpai pada perairan sungai yang beberapa di antaranya mengalir ke dalam gua atau keluar dari gua (Gambar 8.2B). Dam dan saluran-saluran irigasi juga menjadi habitat bagi keong dan kerang. Kelompok *Melanoides*, *Thiara*, dan *Sulcospira* umum dijumpai pada bagian tepi sungai yang dangkal dan berarus tenang. Kadangkala beberapa di antaranya menempel pada batuan sungai atau pada tanaman yang terendam air di sepanjang tepian sungai. Adapun jenis *Anentome helena* dan *Radix rubiginosa*

lebih banyak dijumpai pada sungai-sungai yang dipenuhi oleh lumut atau alga. Keong *Pomacea canaliculata*, *Pila* spp., dan *Filopaludina javanica* umumnya ditemukan pada perairan tidak jauh dari area persawahan seperti di sepanjang saluran irigasi. Kerang-kerangan lebih menyukai hidup pada perairan sungai yang dalam dengan substrat pasir berlumpur, dan membenamkan diri pada dasar perairan. Oleh karena itu, kerang-kerangan jarang dijumpai di perairan sungai di kawasan karst yang dasar sungainya berbatu-batu.

B. Inventarisasi Moluska

1. Tujuan Inventarisasi

Inventarisasi dengan cara mengoleksi moluska di beberapa tipe habitat dimaksudkan untuk mengetahui keanekaragaman jenis moluska yang hidup pada kawasan tersebut. Dari pengetahuan jenis yang ditemukan dapat diungkapkan potensinya. Tentu saja informasi terkumpul sekaligus dapat melengkapi daerah sebaran dan statusnya di alam, apakah termasuk jenis yang endemik, langka, umum, atau bahkan sudah tidak dijumpai lagi di habitatnya. Data yang diperoleh dari kegiatan inventarisasi berupa spesimen dan informasinya akan menjadi rujukan ilmiah untuk mempelajari berbagai hal yang menyangkut peri kehidupan dan lingkungan hidupnya. Bahkan beberapa jenis yang sebelumnya belum pernah dideskripsi, kemungkinan akan ditemukan dalam kegiatan inventarisasi ini dan dapat dipelajari lebih lanjut sebagai spesies baru (*new species*).

Selain bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman jenis, melalui inventarisasi kita juga dapat mengetahui struktur komunitas moluska dari suatu wilayah. Apabila inventarisasi dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman jenis, maka titik berat kegiatannya adalah mengidentifikasi jenis tanpa memperhatikan jumlah individu atau populasi moluska yang ada. Sebaliknya jika inventarisasi dilakukan untuk mengetahui komposisi atau struktur komunitas moluska di suatu habitat, penghitungan jumlah individu dalam satu populasi menjadi penting artinya.

Penghitungan populasi moluska di habitat alaminya dapat dilakukan dengan menghitung jumlah individu secara menyeluruh di

kawasan tertentu atau yang dikenal dengan metode sensus. Metode ini dapat disederhanakan dengan mengambil sejumlah cuplikan dalam populasi besar. Cuplikan berupa sampel dan sub-sampel tersebut dianggap mewakili populasi besar. Area cuplikan biasanya dibatasi dalam kuadran dengan luasan tertentu (Heryanto dkk., 2006).

2. Persiapan

Sebelum melakukan kegiatan inventarisasi, kita perlu mempersiapkan berbagai bahan dan peralatan. Bahan yang diperlukan adalah larutan alkohol 70% untuk mengawetkan serta mentol kristal yang berfungsi sebagai bahan fiksatif.

Peralatan yang diperlukan adalah nampan, pinset ukuran besar dan kecil, botol plastik, plastik minigrip (*Ziplock)*, kantong belacu, saringan, dan serok/sekop kecil (Gambar 8.3). Kegiatan inventarisasi yang bertujuan untuk mengitung populasi jenis-jenis moluska di suatu lokasi membutuhkan alat tambahan seperti meteran, kuadran, *hand counter*, serta pita-pita penanda.

Ket.: (1) baki, (2) pinset, (3) botol plastik, (4) plastik, (5) kantong belacu, (6) saringan, (7) sekop.
Foto: NR. Isnaningsih (2015)

Gambar 8.3 Beberapa Peralatan yang Diperlukan dalam Kegiatan Inventarisasi Moluska

Alat *Global Positioning Systems* (GPS) seringkali diperlukan untuk menentukan posisi *latitude* dan *longitude* tempat pengambilan sampel. Kamera diperlukan untuk mengabadikan atau merekam tipe

habitat dan warna alami dari moluska yang dikumpulkan. Peralatan lain yang harus ada adalah buku lapang, alat tulis, dan kertas label yang diperlukan untuk keperluan pencatatan data. Hal yang perlu diperhatikan adalah pada saat mencatat lokasi di kertas label harus menggunakan pensil atau pena yang tintanya tahan air dan alkohol.

C. Metode Inventarisasi

1. Pencatatan dan Foto di Lokasi

Apabila kita telah berhasil mengoleksi moluska pada suatu habitat, maka perlu segera dicatat lokasi administratifnya juga posisi *latitude* dan *longitude*. Pencatatan ini dilakukan di kertas label. Namun, adakalanya kertas label lapangan hanya berisi kode lokasi yang dipahami oleh kolektor. Label kemudian diletakkan dalam plastik atau wadah yang sama dengan spesimen yang dimaksud agar tidak tertukar dengan spesimen lainnya. Informasi rinci mengenai habitat dijumpainya spesimen dicatat dalam buku lapang.

Keterangan tambahan yang terkait dengan spesimen pada saat ditemukan merupakan informasi yang penting. Keterangan penting tersebut misalnya tanggal dilakukannya inventarisasi atau koleksi, nama pengumpul (kolektor), ketinggian tempat (*altitude*), musim pada saat spesimen dikoleksi, kondisi habitat di sekitar spesimen, dan sebagainya. Semua informasi tersebut dicatat di buku lapangan atau lembar isian seperti Gambar 8.4.

Selanjutnya dilakukan juga pengambilan gambar moluska dan habitat hewan tersebut. Hal ini perlu dilakukan mengingat adakalanya setelah proses pengawetan cangkang atau tubuh spesimen, moluska akan mengalami perubahan warna. Dengan adanya foto saat spesimen tersebut masih hidup maka karakter warna spesimen dapat diabadikan. Selain dilakukan pengambilan gambar terhadap binatangnya, dilakukan pula pengambilan gambar habitat tempat spesimen moluska tersebut dikoleksi. Dokumentasi-dokumentasi tersebut dapat menambah pemahaman jenis yang dikoleksi.

CATATAN LAPANGAN KOLEKSI MOLLUSKA
MUSEUM ZOOLOGI BOGOR

Tanggal : .... Gr. lintang : ....

Lokasi : .... Gr. bujur : ....

.... Ketinggian ....

.... Kolektor ....

....

Habitat : ....

....

....

No. Lap.	No. Kat.	Famili	Species	Jml.

Foto: N. Mujiono (2018)

Gambar 8.4 Lembar Isian Lapang yang Memuat Informasi tentang Lokasi Pengambilan Spesimen saat Kegiatan Inventarisasi

Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi informasi, kegiatan inventarisasi dan hasil-hasilnya mulai dapat dikombinasikan dengan sistem informasi berbasis data digital. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dari lapang langsung dapat diunggah ke jejaring (*website*) pangkalan data (*database*) dan dapat diunduh (diakses) oleh para peneliti tertentu untuk selanjutnya dianalisis dan dipublikasikan secara terbuka.

2. Metode Pengambilan Spesimen dan Cara Koleksi

a) Moluska Darat (*Terrestrial*)

Moluska yang hidup di darat adalah kelompok keong atau kelas Gastropoda. Cara koleksi keong darat cukup mudah yaitu dapat langsung diambil dengan tangan atau menggunakan alat bantu pinset. Kolektor hanya harus benar-benar tahu habitat yang disukai oleh jenis-jenis keong darat. Keong-keong darat aktif pada malam hari atau setelah turun hujan. Keong tersebut umumnya menghindari tempat-tempat terbuka atau area yang terkena matahari langsung. Jenis-jenis keong yang berukuran besar relatif mudah ditemukan, namun dibutuhkan ketelitian yang tinggi untuk dapat melihat keong darat yang berukuran sangat kecil (mikro).

Setelah keong darat didokumentasikan kondisi hidupnya, selanjutnya keong dimasukkan ke dalam kantong belacu yang diberi daun-daunan atau serasah untuk menjaga kelembapan di dalam kantong belacu. Penyimpanan dalam kantong belacu, dilakukan apabila kita ingin membawa sampel keong darat dalam kondisi hidup. Sampel keong darat yang hidup biasanya dibutuhkan untuk kepentingan perbanyakan atau sebagai objek penelitian perilaku, anatomi, dsb.

Apabila keong darat yang telah dikoleksi ingin dibawa dalam kondisi mati sebagai spesimen koleksi, perlu dilakukan tahapan relaksasi dan fiksasi. Relaksasi bertujuan untuk mematikan spesimen secara perlahan-lahan dengan harapan spesimen akan mati dalam keadaan tubuh yang menjulur keluar dari cangkangnya. Kondisi spesimen awetan yang seperti itu akan mempermudah dikeluarkannya tubuh hewan dari dalam cangkang apabila ingin dilakukan pengamatan

anatomi. Relaksasi keong darat dapat dilakukan dengan memasukkan keong darat hidup ke dalam botol plastik yang berisi air penuh dan ditambahkan mentol kristal kemudian ditutup rapat-rapat. Selama proses penutupan botol sedapat mungkin diusahakan agar tidak ada ruang udara yang tersisa di dalam botol. Dengan perlakuan ini, maka keong akan mati lemas karena kekurangan oksigen. Lamanya proses relaksasi sangat tergantung dari jenis dan ukuran keong darat yang diberi perlakuan. Umumnya keong berukuran kecil direlaksasi selama kurang lebih 5 jam dan untuk keong darat berukuran besar dapat direlaksasikan hingga sehari semalam. Setelah proses relaksasi, spesimen keong kemudian difiksasi menggunakan larutan alkohol 70%. Penyimpanan spesimen keong dalam larutan alkohol 70% dilakukan untuk mengawetkan spesimen sementara selama di lapangan.

Selama proses koleksi keong darat, tidak hanya keong hidup yang diinventarisasi. Cangkang-cangkang keong yang kita temukan juga merupakan data penting yang menggambarkan sebaran jenis tertentu di suatu wilayah. Cangkang keong yang dijumpai dapat diambil langsung dengan tangan atau dengan bantuan pinset apabila letaknya sulit dijangkau dengan tangan misalnya terjepit di antara celah-celah bebatuan. Cangkang tersebut kemudian dimasukkan ke dalam plastik minigrip (*Ziplock)* dan tidak lupa diberi label lokasi. Beberapa cangkang dalam sejumlah plastik dapat dimasukkan ke dalam satu botol plastik sehingga cangkangnya tidak hancur selama penyimpanan di lapangan atau dalam perjalanan.

d) Moluska Air Tawar (*Freshwater*)

Terdapat dua kelompok moluska yang dapat dijumpai pada habitat-habitat perairan tawar, yaitu kelompok keong air tawar (kelas Gastropoda) dan kerang air tawar (Kelas Bivalvia). Seperti telah disebutkan sebelumnya, masing-masing jenis moluska air tawar memiliki mikrohabitat tersendiri. Aktivitas koleksi dapat langsung dilakukan pada mikrohabitat target. Berbeda dengan keong darat yang biasanya dijumpai dalam populasi yang sedikit saja atau bahkan hanya satu dua individu, keong air tawar dapat dijumpai dalam populasi yang melimpah di habitatnya. Oleh karena itu, selama koleksi dapat

digunakan alat bantu berupa serokan atau saringan sehingga dapat sekaligus mengambil dalam jumlah yang banyak. Untuk menginventarisasi jenis-jenis keong yang hidup di dasar perairan, dapat pula digunakan alat berupa *grab* atau *dredge*. Untuk pengambilan sampel menggunakan alat tersebut, perlu dilakukan penyaringan atau pengayakan setelahnya agar keong atau kerang yang ingin dikoleksi terpisah dari substrat (pasir, lumpur, serasah) yang ikut terambil.

Sama halnya dengan keong darat, moluska air tawar yang berhasil dikoleksi dalam keadaan hidup perlu direlaksasi terlebih dahulu. Relaksasi moluska air tawar adalah dengan memasukkan spesimen ke dalam botol plastik dan menambahkan bahan mentol kristal ke dalamnya. Moluska air tawar disimpan dalam kondisi tersebut selama sehari semalam.

Cangkang-cangkang moluska air tawar yang telah mati dan banyak dijumpai di tepian sungai atau danau juga dapat diinventarisasi dan dijadikan spesimen koleksi. Cangkang-cangkang tersebut dimasukkan ke dalam plastik minigrip (*Ziplock)* dan diberi label sesuai dengan lokasi pengambilannya.

e) Moluska Mikro

Berbagai jenis keong berukuran kecil atau mikro hidup di antara serasah di permukaan tanah hutan kapur. Dibutuhkan waktu yang lama untuk mengoleksi keong mikro tersebut di habitat alaminya. Oleh karena itu inventarisasi keong mikro dilakukan dengan metode pengapungan (Vermeulen & Whitten, 1998). Metode tersebut dilakukan dengan cara mengambil sampel serasah atau tanah. Sampel serasah atau tanah, dimasukkan ke dalam kantong belacu dan tidak lupa diberi label. Setelah sampai di lokasi yang lebih permanen atau di laboratorium, masing-masing sampel serasah dan tanah dimasukkan ke dalam baskom plastik berisi air. Bagian yang terapung diambil dan diletakkan di atas baki plastik, kemudian dikeringkan. Apabila telah kering, pemilahan serasah dilakukan di bawah mikroskop atau menggunakan kaca pembesar untuk mengoleksi keong mikro yang ada. Keong mikro yang terlihat selanjutnya dimasukkan dalam botol

kaca berukuran kecil dan diberi label menyesuaikan dengan label lapangan yang ada.

D. Pengawetan Selama di Lapangan

Kegiatan inventarisasi umumnya dilakukan di lapangan selama lebih dari satu hari hingga beberapa minggu. Oleh karenanya, selama masih di lokasi tempat melakukan inventarisasi, spesimen-spesimen yang sudah berhasil dikumpulkan harus diawetkan. Pengawetan di lapangan sifatnya sementara dan bertujuan untuk mempertahankan kondisi fisik hewan moluska agar tidak busuk. Keong darat yang kita kumpulkan dalam kondisi hidup dan disimpan dalam kain belacu tidak perlu diberi bahan pengawet karena biasanya masih akan bertahan hidup hingga beberapa minggu dalam kantong belacu. Hanya saja serasah yang turut kita masukkan dalam kantong belacu perlu diganti setiap hari. Kantong belacu berisi keong darat yang masih hidup sebaiknya tidak disimpan di ruang tertutup, namun diletakkan dengan aman di halaman.

Bahan yang dipakai untuk mengawetkan spesimen adalah alkohol 70%. Formalin sebaiknya dihindari dalam pengawetan spesimen moluska karena dapat memecah rantai protein sehingga spesimen tidak dapat digunakan sebagai bahan studi molekuler. Sebaliknya, apabila spesimen moluska dibutuhkan untuk bahan studi molekuler, harus diawetkan dengan alkohol absolut atau berkadar 96% (Marwoto & Shintosari, 1999). Larutan alkohol absolut harus masuk ke dalam cangkang dan mencapai tubuh yang tersembunyi di dalam cangkang sehingga spesimen moluska dapat terawetkan secara sempurna. Oleh karena itu, cangkang moluska untuk studi molekuler perlu dilubangi dengan menggunakan bor kecil atau paku di beberapa sisi cangkang dengan maksud agar larutan alkohol dapat masuk dan mengawetkan hingga ke bagian-bagian tubuh moluska yang tersembunyi.

Pengawetan di lapangan dilakukan dengan cara memasukkan spesimen ke dalam botol lalu diberi alkohol 70% hingga terendam semua. Spesimen dari tiap lokasi dimasukkan dalam botol yang berbeda dan jangan lupa memasukkan label agar informasi spesimen

tidak salah atau tertukar. Apabila tidak ada botol maka spesimen tetap bisa direndam dengan alkohol di dalam plastik, untuk kemudian keseluruhan spesimen dalam plastik dimasukkan ke dalam satu kotak atau drum plastik. Spesimen keong darat dan moluska air tawar yang hanya berupa cangkang saja, tidak perlu disimpan dalam alkohol. Spesimen tersebut cukup dimasukkan ke dalam wadah plastik dan dijaga agar tidak hancur.

E. Pengemasan

Pengemasan yang baik perlu dilakukan pada saat memindahkan spesimen hasil kegiatan inventarisasi dari lapangan ke laboratorium atau ke tempat penyimpanan yang permanen. Spesimen yang hanya berupa cangkang (spesimen kering) dikemas secara terpisah dengan spesimen yang masih mengandung tubuh hewan (spesimen basah). Spesimen kering cukup disatukan dalam kotak plastik atau kotak kardus dan dijaga dari guncangan dengan menambahkan kapas atau busa steroform untuk mengganjal ruang-ruang kosong dalam kotak sehingga spesimen mampat tidak bergerak dalam kemasan.

Untuk spesimen basah, pengemasannya harus dibungkus dengan kapas atau kain kasa. Proses pembungkusan spesimen basah dengan kapas atau kasa harus dilakukan pada masing-masing spesimen di tiap lokasi dengan menyertakan label yang ada sehingga informasinya tidak tertukar antara spesimen dari lokasi yang satu dengan spesimen dari lokasi yang lain. Volume alkohol perendam kemudian dikurangi sehingga tinggal menyisakan kondisi basah pada kapas atau kain kasa saja. Selanjutnya spesimen yang telah dibungkus dengan kapas atau kain kasa dikemas dalam plastik tebal dan dimasukkan dalam kotak plastik.

F. Pencucian dan Pemilahan

Pencucian spesimen dilakukan di laboratorium setibanya dari kegiatan inventarisasi di lapangan. Spesimen-spesimen terutama yang kering dicuci di bawah air mengalir hingga bersih. Bila perlu digunakan alat bantu berupa sikat gigi bekas, kuas, dan jarum untuk membersihkan

kotoran yang menempel di bagian luar atau bagian dalam cangkang. Adakalanya cangkang keong memiliki hiasan cangkang yang rumit yang membuat kotoran susah untuk diambil. Untuk spesimen-spesimen berukuran mikro dapat dibersihkan di bawah mikroskop dengan menggunakan jarum. Dibutuhkan kehati-hatian dan ketelitian dalam membersihkan spesimen cangkang yang miroskopis . *Ultrasonic cleaner* juga dapat digunakan untuk mengeluarkan kotoran-kotoran yang melekat di celah-celah cangkang (Sturm dkk., 2006).

Spesimen basah dapat dijadikan spesimen kering dengan cara mengeluarkan tubuh hewan moluska yang ada di dalam cangkang. Apabila hasil dari proses relaksasi cukup baik maka tubuh lunak yang terjulur keluar dapat ditarik perlahan-lahan hingga seluruh tubuh hewan berhasil dikeluarkan. Alat bantu berupa kawat pengait dan pinset ujung runcing dapat digunakan untuk membantu mengeluarkan tubuh hewan dari dalam cangkang. Hal yang perlu diperhatikan adalah cangkang yang dijadikan spesimen kering harus benar-benar bersih dari sisa-sisa tubuh hewan moluska. Jaringan yang tertinggal di dalam cangkang akan membusuk dan menyebabkan munculnya belatung dan cangkang tidak akan bisa dijadikan koleksi dalam jangka panjang (Marwoto & Shintosari, 1999). Untuk mengeluarkan tubuh lunak pada kelompok kerang-kerangan (Bivalvia) dapat dilakukan perebusan. Setelah direbus beberapa saat dalam air mendidih, keping cangkang kerang-kerangan akan terbuka dan tubuh lunaknya bisa langsung diambil. Setelah pencucian, seluruh spesimen kering dijemur di bawah sinar matahari, sedangkan spesimen basah kembali dimasukkan ke dalam botol-botol kaca dan diberi larutan alkohol 70%. Selama proses ini, label lapangan harus selalu berada di dekat spesimen terkait dan tidak boleh tertukar dengan label atau spesimen yang lain.

Spesimen yang telah kering, atau yang sudah selesai proses pengawetan selanjutnya dipilah berdasarkan kelompok taksonnya. Namun bila kelompok taksonnya masih belum diketahui, pemilihan hanya didasarkan pada kesamaan ciri-ciri cangkang yang terlihat. Spesimen-spesimen yang memiliki kesamaan ciri dapat dianggap

sebagai jenis yang sama. Proses pemilahan atau sortir tersebut, harus dilakukan lokasi demi lokasi untuk menghindari tercampurnya spesimen dari lokasi pengambilan yang berbeda. Setelah proses pemilahan, spesimen kering dimasukkan ke dalam plastik bebas asam. Semua sarana penyimpanan cangkang moluska (kantong plastik, kotak/*unit tray*, botol plastik) sebaiknya harus dari bahan yang basa atau bebas asam. Hal ini untuk mencegah terjadinya reaksi asam dengan bahan kapur dari cangkang yang akan mengakibatkan hancurnya cangkang dalam penyimpanan secara perlahan-lahan. Hancurnya cangkang karena sifat asam sarana penyimpanan disebut dengan "*bone disease*".

Masing-masing kelompok spesimen yang memiliki ciri-ciri berbeda dimasukkan dalam sarana penyimpanan yang bebas asam yang berbeda. Label lapang juga harus diduplikasi atau diperbanyak sesuai dengan hasil pemilahan. Hal yang sama juga dilakukan dengan spesimen basah. Spesimen-spesimen basah yang telah dicuci, dikeluarkan dari dalam larutan alkohol dan diletakkan dalam baki untuk dipilah berdasarkan kesamaan ciri-cirinya. Setelah proses pemilahan, spesimen siap diidentifikasi.

G. Identifikasi

Untuk mengetahui jenis-jenis apa saja yang diperoleh dari kegiatan inventarisasi di lapangan, dilakukankah identifikasi. Bagi orang-orang yang sudah lama menekuni dunia malakologi, baik itu sebagai hobi maupun sebagai objek penelitian, untuk mengetahui identitas spesimen tidaklah sulit. Apalagi jenis-jenis yang ditemukan merupakan jenis-jenis yang umum atau yang memiliki persebaran luas. Namun bagi orang yang awam, identifikasi dapat dilakukan dengan bantuan kunci identifikasi atau berbagai pustaka tentang moluska. Informasi tentang daerah sebaran atau distribusi jenis yang tertulis dalam pustaka-pustaka tentang moluska sangat perlu diperhatikan selama melakukan identifikasi. Untuk mengidentifikasi jenis moluska dari Indonesia misalnya sebaiknya menggunakan buku-buku moluska daerah Indo-Pasifik, Asia Tenggara, Malesiana, Wallacea, atau Papua New Guinea (Marwoto & Shintosari, 1999).

Identifikasi sangat memperhatikan karakter-karakter yang ada pada cangkang moluska. Namun, seringkali perlu dilakukan pembedahan di bawah mikroskop dengan menggunakan alat bedah (*dissecting kit)*, untuk melihat karakter-karakter anatomi yang dapat meningkatkan validitas hasil identifikasi. Hasil identifikasi tidak mutlak harus diketahui sampai tingkat jenis. Identitas spesimen hingga tingkat famili atau genus tetap merupakan informasi yang bermanfaat.

H. *Labelling* dan Penyimpanan

Setelah identifikasi terhadap semua spesimen selesai dilakukan, maka selanjutnya spesimen diberi label. Label memiliki arti penting bagi spesimen karena berisi semua informasi tentang spesimen tersebut. Label permanen dibuat berdasarkan label lapangan yang minimal memuat informasi lokasi lengkap, tanggal koleksi, kolektor, dan nama jenis hasil dari identifikasi (Gambar 8.5). Label ditulis di atas kertas tahan air atau kertas kalkir menggunakan tinta cina, pena rapido, atau alat tulis lain yang juga tahan air. Label juga dapat dicetak menggunakan mesin cetak atau printer laser.

Spesimen kering beserta label permanen selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik bebas asam. Spesimen basah dan label permanen

MUSEUM ZOOLOGICUM BOGORIENSE No ....

Species : ....
Family : ....
Loc. : ....
....
....
Date : .... Ex ....
Coll : ....
Det : ....

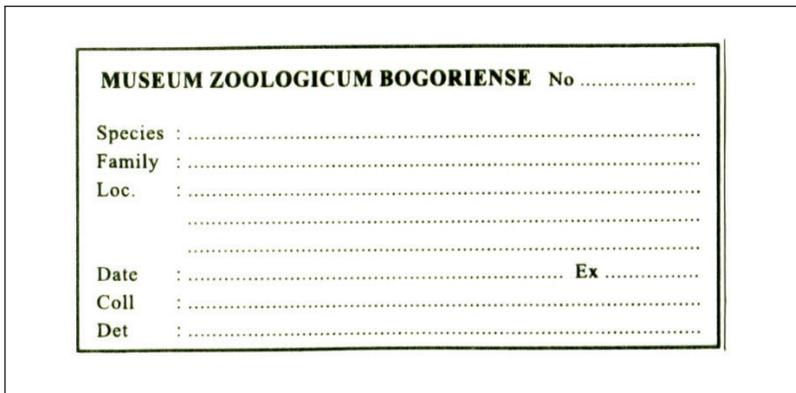



Foto: N. Mujiono (2018)

Gambar 8.5 Contoh Kertas Label yang Memuat Informasi tentang Spesimen Ilmiah Hasil Inventarisasi

juga dimasukkan kembali ke dalam botol kaca berisi alkohol 70%. Label lapangan tetap disertakan bersama spesimen. Semua spesimen kemudian disimpan dalam ruang penyimpanan atau ruang koleksi. Ruang koleksi yang ideal biasanya memiliki ruang koleksi kering dan ruang koleksi basah yang terpisah.

Daftar Pustaka

Berry, A. J. (1961). The habitat of some minute Cyclophorids, Hydrocenids, and Vertiginids on a Malayan limestone hill. *Bulletin National Museum, 30*, 101–105. https://lkcnhm.nus.edu.sg/wp-content/uploads/sites/10/2020/10/30bnm101-105.pdf.

Clements, R., Sodhi, N. S., Schilthuizen, M. & Ng, P. K. L. (2006). Limestone karst of Southeast Asia: Imperiled arks of biodiversity. *Bioscience, 56*(9), 733–742. https://www.researchgate.net/publication/340223146_Limestone_Karsts_of_Southeast_Asia_Imperiled_Arks_of_Biodiversity.

Clements, R., Ng, P. K. L., Lu, X. X., Ambuc, S., Schilthuizen, M., & Bradshaw, C. J. A. (2008). Using biogeographical patterns of endemic land snails to improve conservation planning for limestone karst. *Biological Conservation, 141*(11), 2751–2764. https://www.researchgate.net/publication/215781699_Using_biogeographical_patterns_of_endemic_land_snails_to_improve_conservation_planning_for_limestone_karsts.

Haase, M. & Schilthuizen, M. (2007). A new *Georissa* (Gastropoda: Neritopsina: Hydrocenidae) from a limestone cave in Malaysian Borneo. *Journal of Molluscan Studies, 73*(3), 1–7. https://www.researchgate.net/publication/30938487_A_new_Georissa_Gastropoda_Neritopsina_Hydrocenidae_from_a_limestone_cave_in_Malaysian_Borneo.

Heryanto, Marwoto, R. M. & Yulianda, F. (2006). *Metode survei dan pemantauan populasi satwa: seri kelima siput dan kerang*. Bidang Zoologi, Puslit Biologi-LIPI.

Heryanto (2012a) Keanekaragaman keong darat (Mollusca: Gastropoda) di karst Pegunungan Sewu, Yogyakarta. Dalam Suhardjono, Y. R., Wowor, D., Marwoto, R. M., Nugroho, H., Lupiyaningdyah, P., Wiantoro, S., Sulistyono & Widodo, S. (Ed). *Prosiding workshop ekosistem karst: Berbagi informasi untuk meningkatkan upaya konservasi kawasan karst Gunungsewu dan Jonggrangan*. Yogyakarta, 18–19 Oktober 2011. Pusat Penelitian Biologi-LIPI, BKSDA Yogyakarta & Yayasan Kanopi Indonesia. 167–174.

Hubendick, B. (1958). Factors conditioning the habitat of freshwater snails. *Bulletin of World Health Organization, 8*(5–6), 1072–1080. https://apps.who.int/iris/handle/10665/265523.

Isnaningsih, N. R., & Listiawan, D. A. (2010). Keong dan kerang dari sungai-sungai di kawasan karst Gunung Kidul. *Zoo Indonesia, 20*(1), 1–10. https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/zoo_indonesia/article/view/2342.

Listiawan, D.A., Isnaningsih, N. R., & Aryasari, R. (2008). Spesies diversity of Mollusks in Gunung Kidul karst area, DIY. Disampaikan dalam *Seminar I Indonesian Scientific Karst Forum.*

Marwoto, R. M., & Isnaningsih, N. R. (2012). Moluska. Dalam Y.R. Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna karst dan gua Maros Sulawesi Selatan* (115–148). LIPI Press.

Marwoto, R. M & Shintosari, A. M. (1999). Pengelolaan Koleksi Moluska. Dalam Y.R. Suhardjono, (Ed.), *Buku pegangan pengelolaan koleksi spesimen zoologi* (97–117). Puslitbang Biologi, LIPI.

Sturm, C. F., Mayhew, R., Bales, B. R. (2006). Field and laboratory methods in malacology. Dalam C. F. Sturm, T. A. Pearce, A. Valdes, (Ed.), *The Mollusks, a guide to their study, collection, and preservation* (23–29). American Malacological Society.

Vermeulen, J. J & Whitten, A J. (1998). *Fauna Malesiana guide to the land snails of Bali*. Buckhuys Publishing.

BAB 9
Inventarisasi Krustasea

Daisy Wowor

Udang dan kepiting termasuk ke dalam kelompok krustasea yang hidup di dalam air, yaitu air tawar, payau, dan laut. Namun, ada beberapa jenis kepiting yang hidup sebagian di darat dan sebagian di air (semi-terestrial), serta selalu di darat (terestrial). Udang dan kepiting air tawar dapat kita jumpai di berbagai macam badan perairan umum di daerah karst, misalnya kolam, danau, rawa, sungai dan saluran air, serta juga yang hanya dijumpai di dalam gua. Di dalam gua, krustasea dapat ditemukan di permukaan lantai gua, genangan air perkolasi yang terbentuk dari tetesan air yang merembes keluar dari stalaktit baik yang permanen maupun yang temporal, sungai dan danau bawah tanah, bahkan di dinding gua yang lembap dan gelap.

Kepiting semi-terestrial hidup di dalam lubang-lubang tanah di tepi sungai atau saluran air, dan pematang sawah. Sementara itu, kepiting terestrial hidup di celah-celah lantai dan dinding gua, di dalam lubang-lubang tanah di pekarangan atau lantai hutan. Krustasea air maupun darat bernapas dengan insang. Khususnya krustasea darat, kadang-kadang mereka masuk ke dalam genangan air untuk membasahi insangnya. Bahkan embun pagi yang terdapat pada permukaan daun sudah dapat melembapkan insang. Insang yang basah diperlukan

krustasea karena air mengandung senyawa oksigen yang sangat penting untuk keberlangsungan kehidupannya.

Gua yang gelap gulita adalah habitat yang ekstrim dan unik dengan kelembapan dan suhu yang relatif konstan sepanjang masa. Hanya organisme-organisme yang mampu beradaptasi dengan lingkungan yang khas ini yang dapat hidup di dalam gua. Oleh sebab itu, penyebarannya menjadi terbatas dan ukuran populasinyapun kecil. Mereka sangat rentan terhadap perubahan lingkungan tempat tinggalnya, sedikit perubahan lingkungan gua akan memengaruhi kehidupan organisme-organisme yang hidup di dalamnya (Watson dkk., 1997).

Menurut evolusi, krustasea sangat sukses hidup di dalam gua, bahkan paling sukses di antara anggota Artropoda lainnya (Wowor & Rahmadi, 2012). Beberapa jenis telah beradaptasi hidup dalam gua zona gelap abadi. Jenis yang sudah beradaptasi dalam lingkungan gelap pada umumnya memiliki cangkang luar tubuh yang tidak berpigmen, tangkai dan kornea mata mengecil atau bahkan ada yang korneanya telah hilang, dan semua kaki jalannya (bukan yang bercapit) panjang dan langsing yang dilengkapi dengan bulu-bulu yang berfungsi sebagai alat peraba. Hal ini dapat dikaitkan dengan tingkah laku kepiting gua yang senang mendiami kolam-kolam air perkolasi di gordam-gordam atau danau-danau bawah tanah yang airnya tenang dan memanjat dinding tebing. Sementara itu, udang selalu ditemui di dalam sungai utama bawah tanah dan anakannya yang kadang-kadang arusnya cukup deras.

Keanekaragaman krustasea di Indonesia belum diketahui secara pasti berapa jumlah jenis yang ada. Namun, dapat diperkirakan sekitar 45% jenis kepiting dan 60% jenis udang-udangan yang ada yang telah diidentifikasi atau diketahui secara ilmiah. Masih banyak jenis udang dan kepiting Indonesia yang belum dikenal maupun direkam dalam ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, potensi dan peran krustasea untuk kehidupan manusia maupun keberadaannya di alam belum diketahui secara pasti. Kegiatan inventarisasi krustasea Indonesia mutlak diperlukan untuk mengungkap kebutuhan informasi potensinya sebelum

mereka punah karena hilangnya habitat akibat dampak dari kegiatan manusia.

Koleksi spesimen krustasea dari kawasan karst dan gua amat diperlukan untuk mengetahui keanekaragaman hayati di kawasan tersebut. Dari data sampel yang diperoleh, dapat diketahui peran krustasea dalam lingkungannya serta kedudukan krustasea dalam rantai makanan pada komunitasnya. Keberadaan dan keanekaragaman krustasea juga dapat dipakai sebagai indikator baik buruknya kualitas suatu perairan.

Khusus bagi krustasea gua, keberadaan jenis-jenis tertentu pada sungai bawah tanah di beberapa rangkaian gua dapat dijadikan penentu sistem daerah aliran sungai bawah tanah (DASBT). Contohnya DASBT Bribin yang terletak di kawasan karst Gunung Sewu yang terbentang dari Kabupaten Gunungkidul di Provinsi D. I. Yogyakarta sampai dengan Kabupaten Wonogiri di Provinsi Jawa Tengah. DASBT Bribin dihuni oleh tiga jenis krustasea yang khas (Wowor, 2012). Oleh karena itu, informasi krustasea gua sangatlah penting dan masih diperlukan kelengkapannya. Inventarisasi untuk mendata keanekaragaman jenis-jenis krustasea gua masih harus dilakukan. Selain sebagai indikator sistem perairan, sangat mungkin masih dapat terungkap manfaat lain dari krustasea gua.

A. Metode Koleksi

1. Habitat dan Alat Tangkap

a) **Badan Air Permukaan:** Yaitu kolam, danau, rawa, sungai dan saluran air. Krustasea umumnya dikoleksi dengan menggunakan alat *electric fishing* dan jaring *tray* (Lihat Bab 7. Inventarisasi Ikan dan Gambar 9.1B). Apabila waktu untuk mengkoleksi longgar, bubu juga dapat digunakan dengan cara diberi umpan di dalamnya dan diletakkan di dalam air selama satu malam. Penangkapan kepiting dapat dilakukan langsung dengan tangan tanpa bantuan alat.

b) **Air Bawah Tanah:** Yaitu sungai bawah tanah, danau bawah tanah, dan genangan air perkolasi baik yang permanen maupun yang

temporer. Untuk mengoleksi krustasea di sungai bawah tanah yang mengalir cukup deras dapat digunakan alat *electric fishing*, tetapi untuk di dalam air yang relatif tenang seperti kolam cukup dengan jaring tangan atau jaring bertangkai (lihat Gambar 9.1A) serta bubu. Khusus untuk di danau, cara yang paling efektif adalah dengan menyelam dan menggunakan jaring tangan serta bubu. Pada kolam-kolam kecil dari air perkolasi, krustasea ditangkap langsung dengan tangan, jaring tangan dan/atau sendok teh plastik.

c) **Terestrial:** Yaitu lantai dan dinding gua, pekarangan dan lantai hutan. Pada habitat semacam ini, krustasea dikoleksi langsung dengan tangan, penjepit (pinset), kuas, serta jaring bertangkai panjang untuk krustasea pemanjat dinding gua. Selain itu krustasea renik dapat juga ditangkap dengan menggunakan ayakan dengan lubang 0,5 cm. Serasah yang lembap kemudian diayak. Hasil ayakan berupa binatang yang lolos ditampung pada lembar plastik putih. Binatang dapat dikumpulkan dengan aspirator atau kuas yang dibasahi alkohol. Pengoleksian krustasea dapat juga dengan teknik pemasangan perangkap sumuran dengan menggunakan gelas plastik atau botol kecil yang sepertiga bagian diisi alkohol 95%, kemudian botol ditanam dengan permukaan rata tanah. Perangkap paling tidak ditanam selama 24 jam (Lihat Bab 10. Inventarisasi Artropoda Tanah).

2. Pengumpulan Spesimen

Spesimen udang dan kepiting yang tertangkap dimasukkan/disimpan dalam kantong plastik yang berbeda. Udang dan kepiting yang bersifat kanibal tidak boleh dijadikan satu karena akan saling berkelahi dan saling memakan satu sama lainnya.

a) Udang: Kantong plastik yang berisi udang harus diberi air secukupnya dan daun-daunan supaya mereka dapat bersembunyi dari sesamanya. Pada akhir pengambilan spesimen, kantong diikat dengan karet gelang.

Ket.: A. Menggunakan jaring tangkai panjang; B. Menggunakan jaring tray
Foto: Wowor (2006); Wowor (2010)

Gambar 9.1 Metode *Sampling* Krustasea

b) Kepiting: Kantong plastik yang ada spesimen kepiting cukup diberi daun-daunan saja tanpa air supaya mereka dapat bersembunyi dari satu sama lainnya. Sama seperti pada kantong berisi udang, kantong berisi kepiting diikat dengan karet gelang pada akhir pengoleksian.

c) Krustasea renik: Seperti bangsa Tanaidacea dan Isopoda dapat langsung dimasukkan ke dalam tabung plastik, misalnya *Eppendorf tube* ukuran 15 ml atau 50 ml (tergantung ukuran sampel krustasea yang didapat) yang telah diisi dengan alkohol 95%.

3. Penulisan Label

Label ditulis pada kertas bebas asam (*acid-free paper*) dengan menggunakan pena yang tintanya tidak larut bila terkena alkohol atau pensil. Pena yang digunakan adalah "*Drawing Pen: pigment ink/*

encre a pigment" merk Snowman atau merk lainnya yang berukuran 0.1. Beri label pada setiap kantong plastik yang berisi spesimen berdasarkan hasil tangkap pada setiap lokasi/stasiun penelitian yang juga berdasarkan tanggal.

Pada label ditulis:

1) Nama sungai/danau/rawa/gua;
2) Dusun/kampung, Desa/Kelurahan, Kecamatan, Kabupaten dan Provinsi;
3) Tanggal spesimen dikoleksi; dan
4) Nama kolektor atau nomer kode lapangan kolektor pada Site No. (seperti DW 1524: DW adalah singkatan nama kolektor pertama, dua angka digit pertama adalah tahun koleksi, dan dua angka digit terakhir adalah nomor urut stasiun pada tahun koleksi dilakukan–lihat Gambar 9.2).

KAB. PURWOREJO, JAWA TENGAH & DI YOGYAKARTA
(20 – 29 Mei 2015)
Kolektor: D. Wowor, R. K. Hadiaty & S. Sauri

SITE NO.	DATE	LOCALITY
DW 1524	23 Mei	Prov. Jawa Tengah, Kab. Purworejo, Kec. Kaligesing, Ds. Donorejo, Dsn. Katerban: Gua Seplawan. Dalam gua, air jernih berarus sedang, bersubstrat campuran pasir dan lumpur. 07°46'21.9"S 110°06'36.0"E; elv: 741 m (pada mulut gua).

Sumber: Wowor (2015)

Gambar 9.2 Contoh Catatan dalam Buku Lapangan

Keterangan yang lebih rinci ditulis pada buku lapangan (Lihat Gambar 9.2):

1) Nama sungai/danau/rawa/gua;
2) Dusun/kampung, Desa/Kelurahan, Kecamatan, Kabupaten dan Provinsi;

3) GPS dan elevasi (kalau memungkinkan);
4) Tanggal spesimen dikoleksi;
5) Nama kolektor atau nomer kode lapangan kolektor (seperti DW 1524); serta
6) Catatan tambahan berupa data lingkungan tempat spesimen ditangkap.

4. Data Lingkungan

Data lingkungan dapat berupa jenis perairan atau habitat, tipe arus air, warna air, dan keadaan tepi perairan atau riparian (Lihat Gambar 9.2). Yang dimaksud dengan jenis perairan atau habitat adalah sungai berbatu besar, sungai berbatu kecil, berlumpur, berpasir, rawa, danau, selokan, atau lubang di tepi sungai dan sebagainya. Tipe arus air dapat deras, berarus sedang, lambat atau diam/tenang, sedangkan warna air antara lain adalah jernih tidak berwarna, coklat muda dan keruh, atau coklat tua dan jernih seperti teh kental/warna Coca Cola. Keadaan tepi perairan/riparian dapat berupa hutan, kebun, sawah, perumahan dan lain-lain. Sertakan juga besaran tutupan kanopi (*canopy coverage*) tempat koleksi/stasiun pengambilan sampel. Posisi dan ketinggian/elevasi tempat mengoleksi diukur dengan menggunakan GPS. Kesemua data tersebut ditulis dalam buku catatan lapangan. Bilamana hasil koleksi akan disimpan di Laboratorium Krustasea, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI maka data lingkungan dari setiap stasiun penelitian harus disertakan bersama spesimen pada waktu dibawa atau dikirim. Selanjutnya spesimen akan diidentifikasi oleh pakar yang terkait dengan kelompok takson dan disimpan dalam ruang koleksi acuan (*reference collection*) serta mendapat nomor katalog koleksi khusus Krustasea milik Museum Zoologicum Bogoriense.

5. Pemotretan

Spesimen hidup udang maupun kepiting dipotret sesegera mungkin setelah ditangkap. Spesimen hidup dimasukkan ke dalam akuarium kecil khusus untuk pemotretan agar warna asli spesimen terekam dan terdokumentasi dengan baik. Lokasi pengambilan spesimen juga

turut dipotret sebagai data tambahan mengenai tempat hidup sampel krustasea yang diperoleh.

B. Pengawetan Spesimen

Cara pengawetan spesimen udang:

1) Keringkan kantong plastik dari air dan buang daun-daunnya serta sampah lainnya yang turut terbawa sewaktu memasukkan spesimen ke dalam kantong plastik, kemudian ikat lagi kantong tersebut dan biarkan udang sampai mati secara alami;
2) Pindahkan spesimen yang baru saja mati ke dalam kantong plastik baru yang lebih kecil;
3) Segera masukkan alkohol 95% secukupnya sampai semua spesimen udang terendam dengan baik;
4) Selalu sertakan label di dalam kantong yang ada spesimennya, kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang.

Cara pengawetan spesimen kepiting:

1) Buat larutan pembius kepiting, yaitu dengan mencampurkan satu bagian alkohol 95% dan satu bagian air, aduk rata. Sebaiknya larutan pembius kepiting dibuat di dalam wadah berpenutup;
2) Masukkan kepiting ke dalam larutan pembius yang ada dalam wadah bertutup tersebut di atas; setiap satu ekor kepiting dimasukkan ke dalam satu wadah. Tutup rapat wadah. Catatan: spesimen kepiting harus diawetkan satu per satu dan tidak boleh diawetkan sekaligus karena kepiting akan berkelahi satu sama lainnya di dalam wadah yang dapat mengakibatkan rusaknya spesimen seperti kaki putus;
3) Diamkan kepiting sampai mati, kemudian pindahkan kepiting ke dalam kantong plastik baru;
4) Segera masukkan alkohol 95% secukupnya sampai semua spesimen kepiting terendam dengan baik;
5) Selalu sertakan label di dalam kantong yang ada spesimennya, kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang.

C. Catatan Tambahan

Selama di lapangan, spesimen udang dan kepiting yang terawetkan harus terendam dalam alkohol 95% sekurangnya tiga hari untuk mencegah terjadinya pembusukan. Perlu diperhatikan bahwa semua bagian tubuh krustasea yang terputus atau patah selama penangkapan, proses pengawetan, dan proses pengepakan tidak boleh dibuang dan harus disimpan bersama bagian tubuh lainnya dari individu yang sama dalam satu wadah atau kantong plastik (lihat Gambar 9.3 dan 9.4). Semua bagian tubuh yang putus atau patah sangat penting untuk proses identifikasi. Tidak lengkapnya bagian tubuh akan menyulitkan proses identifikasi.

D. Pengepakan Spesimen

Spesimen krustasea sangat rapuh dan sangat mudah rusak akibat goncangan. Oleh sebab itu, semua spesimen krustasea harus dibungkus dan dikemas secara berhati-hati. Spesimen berkualitas baik yang diperoleh dari lapangan dapat berkurang nilainya jika pengemasan dan pengirimannya kurang baik. Kerusakan bagian anggota tubuh krustasea akibat pengepakan yang tidak baik akan mempersulit identifikasi spesimen di laboratorium.

1. Bahan dan Alat yang Diperlukan untuk Pengepakan

Kain kasa, kantong plastik berbagai ukuran, kertas label, alat tulis, pinset, gunting, kotak plastik kedap udara (tidak mudah bocor), lakban atau selotip bening, pinset, dan gunting.

2. Cara Pengepakan

Buang alkohol bekas pengawetan spesimen (lihat Gambar 9.3 A) dan bungkus spesimen yang telah diatur rapih dalam keadaan lembap alkohol beserta kantong plastik dan labelnya seperti membungkus kue pisang atau lemper (lihat Gambar 9.3 B). Spesimen yang besar dibungkus dengan kain kasa secara individu beserta labelnya untuk mencegah anggota tubuh krustasea hilang atau putus (lihat Gambar 9.4). Atur capit dan kaki udang dan kepiting dengan rapi atau sede-

mikian rupa sehingga kerusakan dapat dihindari. Spesimen-spesimen yang berasal dari satu lokasi pengambilan pada tanggal yang sama harus diberi label dan dibungkus bersama-sama. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah spesimen tercampur ketika dibuka di laboratorium.

Semua spesimen dimasukkan ke dalam kotak plastik kedap udara dan harus padat agar tidak mudah goncang dan rusak bila mendapat benturan. Bila kotak plastik masih longgar maka harus diberi ganjalan berupa kertas koran atau potongan busa sampai padat. Selanjutnya spesimen siap dibawa atau dikirim ke laboratorium. Bila spesimen akan dikirimkan melalui jasa pos atau kurir, kotak yang berisi spesimen harus dibungkus dengan kertas pembungkus dan diberi alamat laboratorium yang dituju dengan jelas. Dapat juga pada pembungkus kotak dituliskan "Hati-hati. Spesimen ilmiah rapuh dan mudah rusak".

A. Pembuangan alkohol; B. Pembungkusan spesimen

Foto: Wowor (2012)

Gambar 9.3 Pengepakan Spesimen Krustasea

Foto: Wowor (2012).

Gambar 9.4 Pengepakan Spesimen Krustasea Berukuran Besar.

E. Pengiriman Spesimen

Spesimen krustasea dapat dikirim melalui jasa pengiriman seperti PT Pos Indonesia (jenis kiriman: ekspres), JNE, TIKI dan lainnya. Bilamana spesimen akan disimpan di Museum Zoologicum Bogoriense maka alamat yang ditujukan adalah:

d/a Kurator Krustasea

Gedung Widyasatwaloka

Museum Zoologicum Bogoriense,

Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jln. Raya Jakarta-Bogor Km. 46

Cibinong 16911

Telepon: 081285951107

Jika spesimen akan menjadi koleksi di tempat/laboratorium kolektornya, yang perlu diperhatikan adalah penulisan alamat yang jelas. Agen pengiriman akan dipermudah menemukan tujuan dengan pencantuman nomor telepon alamat yang dituju.

Spesimen krustasea sebaiknya sampai di alamat tujuan kurang dari satu minggu karena spesimen yang dikirim tanpa pengawet dan hanya dalam keadaan lembap alkohol saja. Spesimen yang dalam keadaan lembap alkohol mudah busuk dan rusak.

F. Identifikasi Spesimen

Spesimen krustasea yang sudah terawetkan dengan baik siap untuk diidentifikasi. Untuk mengidentifikasi krustasea sampai dengan tingkat jenis diperlukan spesimen jantan dewasa. Pada udang dan kepiting jantan dewasa semua karakter tubuhnya yang menjadi kunci-kunci utama untuk mengidentifikasi telah berkembang dengan sempurna. Karakter-karakter utama ini khas untuk setiap jenis/spesies.

Untuk mengidentifikasi spesimen udang dan kepiting dari daerah Indonesia bagian barat dapat digunakan beberapa bahan pustaka seperti Ihle (1912), Holthuis (1984), Ng (2004), Wowor dkk. (2004), Davie & Ng (2007), Wowor & Ng (2018), dan Ng & Wowor (2019); untuk udang dan kepiting dari Sulawesi dapat digunakan tulisan-tulisan oleh Ng (1991), Cai & Ng (2005; 2007; 2009), Chia & Ng (2006), Naruse & Ng (2007), Naruse dkk. (2008) dan Annawaty &

Wowor (2015); Eguia dkk. (2009) dan Shy dkk. (2013) untuk udang, serta Wowor & Ng (2009 a, b) untuk kepiting dari daerah Indonesia bagian timur.

Semua spesimen yang telah selesai diidentifikasi harus didaftar dan diberi nomor katalog (bila spesimen disimpan di Museum Zoologicum Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi, LIPI). Setelah itu spesimen disimpan di dalam rak di ruang koleksi acuan.

Daftar Pustaka

Annawaty & Wowor, D. (2015). The atyid shrimps from Lake Lindu, Central Sulawesi, Indonesia with description of two new species (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Zootaxa*, *3957*(5), 501–519. https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3957.5.1.

Cai, Y. & Ng, P. K. L. (2005). *Marosina*, a new genus of troglobitic shrimps (Decapoda, Atyidae) from Sulawesi, Indonesia, with descriptions of two new species. *Crustaceana*, *78*(2), 129–139. https://www.jstor.org/stable/20107468.

Cai, Y. & Ng, P. K. L. (2007). A revision of the *Caridina gracilirostris* De Man, 1892, species group, with descriptions of two new taxa (Decapoda; Caridea; Atyidae). *Journal of Natural History*, *41*(25–28), 1585–1602. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222930701458754.

Cai, Y. & Ng, P. K. L. (2009). The freshwater shrimps of the genera *Caridina* and *Parisia* from karst caves of Sulawesi Selatan, Indonesia, with descriptions of three new species (Crustacea: Decapoda: Caridea: Atyidae). *Journal of Natural History*, *43*(17–18),1093–1114. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222930902767482.

Chia, O. K. S. & Ng, P. K. L. (2006). The freshwater crabs of Sulawesi, with descriptions of two new genera and four new species (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Parathelphusidae). *The Raffles Bulletin of Zoology*, *54*(2), 381–428. https://www.researchgate.net/publication/285515761_The_freshwater_crabs_of_Sulawesi_with_descriptions_of_two_new_genera_and_four_new_species_Crustacea_Decapoda_Brachyura_Parathelphusidae.

Davie, P. J. F. & Ng, P. K. L. (2007). A new genus for cave-dwelling crabs previously assigned to *Sesarmoides* (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae). *The Raffles Bulletin of Zoology, supplement, 16*, 227–231. https://www.researchgate.net/publication/270587596_A_new_genus_for_cave-dwelling_crabs_previously_assigned_to_Sesarmoides_Crustacea_Decapoda_Brachyura_Sesarmidae.

Eguia, M. R. R., Dejarme, H. E., Rosario, W. R., Roxas, E. C. & Wowor, D. (2009). Philippine freshwater prawns *(Macrobrachium* spp). Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC), Tigbauan, Iloilo, Philippines. *Aquaculture Extension Manual*, *43*, 50. http://repository.seafdec.org/handle/20.500.12066/1953.

Holthuis, L. B., (1984). Freshwater prawn (Crustacea: Decapoda: Natantia) from subterranean waters of Gunungsewu area, Central Java, Indonesia. *Zoologische Mededelingen*, *58*(9), 141–148. https://repository.naturalis.nl/pub/318584.

Ihle, J. E. W., (1912). Ueber eine kleine Brachyuren-Sammlung aus unterirdischen Flüssen von Java. *Notes of the Leyden Museum*, *34*, 177–182, Pl. 9. https://repository.naturalis.nl/pub/509279.

Naruse, T. & Ng, P. K. L. (2007). On a new species of cavernicolous crab of the genus *Sesarmoides* Serène & Soh, 1970 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae) from Sulawesi, Indonesia. *The Raffles Bulletin of Zoology*, *55*(1), 127–130. https://www.researchgate.net/publication/287833375_New_species_of_cavernicolous_crabs_of_the_genus_Sesarmoides_from_the_western_Pacific_with_a_key_to_the_genus_Crustacea_Decapoda_Brachyura_Sesarmidae.

Naruse, T., Ng, P. K. L. & Guinot, D. (2008). Two new genera and two new species of troglobitic false spider crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Hymenosomatidae) from Indonesia, with notes on *Cancrocaeca* Ng, 1991. *Zootaxa*, *1739*, 21–40. https://www.researchgate.net/publication/333265435_Two_new_genera_and_two_new_species_of_troglobitic_false_spider_crabs_Crustacea_Decapoda_Brachyura_Hymenosomatidae_from_Indonesia_with_notes_on_Cancrocaeca_Ng_1991.

Ng, P. K. L. (1991). *Cancrocaeca xenomorpha*, new genus and species, a blind troglobitic freshwater Hymenosomatid (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from Sulawesi, Indonesia. *The Raffles Bulletin of Zoology*, *39*(1), 59–73. https://www.semanticscholar.org/paper/Cancrocaeca-xenomorpha%2C-new-genus-and-species%2C-a-Ng/40e147091c06aceee1b60cb21bce8550e905f334.

Ng, P. K. L. (2004). Crustacea: Decapoda, Brachyura. Dalam C. M. Yule & H. S. Yong (Eds.), *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*, 311–336. Academy of Sciences Malaysia.

Ng, P. K. L. & Wowor, D. (2019). The vampire crabs of Java, with descriptions of five new species from Mount Halimun Salak National Park, West Java, Indonesia (Crustacea: Brachyura: Sesarmidae: *Geosesarma*). *The Raffles Bulletin of Zoology*, *67,* 217–246. http://lipi.go.id/publikasi/zo202-the-vampire-crabs-of-java-with-descriptions-of-five-new-species-from-mount-halimun-salak-national-park-west-java-indonesia-crustacea-brachyura-sesarmidae-geosesarma-/28492.

Shy, J-Y., Wowor, D. & Ng, P. K. L. (2013). *Macrobrachium spinipes* (Schenkel, 1902), a new record of a giant freshwater shrimp (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from Taiwan. *Zootaxa*, *3734*, 045–055. https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3734.1.5.

Watson, J., Hamilton-Smith, E., Gillieson, D. & Kiernan, K. (Eds.). (1997). *Guide lines for cave and karst protection.* IUCN.

Wowor, D. & Ng, P. K. L. (2009a). Two new species of sesarmid crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) associated with limestone formations in West Papua, Indonesia. *Zootaxa 2025*, 21–31. https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.2025.1.2.

Wowor, D. & Ng, P. K. L. (2009b). Two new species of *Holthuisana* Bott, 1969 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Gecarcinucidae) from West Papua, Indonesia. *Zootaxa*, *2071*, 50–60. https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.2071.1.4.

Wowor, D. (2012). Krustasea di kawasan karst Gunungsewu dan Menoreh. Dalam Y. R. Suhardjono, D. Wowor, R. M. Marwoto, H. Nugroho, P. Lupiyaningdyah, S. Wiantoro, Sulistyono & S. Widodo (Ed.), *Prosiding workshop Ekosistem Karst. Berbagi informasi untuk meningkatkan upaya konservasi kawasan karst Gunungsewu dan Jonggrangan,* 168–180. Yogyakarta, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, BKSDA Yogyakarta & Yayasan Kanopi Indonesia, Yogyakarta. (CD-ROM).

Wowor, D., Cai, Y. & Ng, P. K. L. (2004). Crustacea: Decapoda, Caridea. Dalam C. M. Yule & H. S. Yong (Ed.), *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*, 337–357. Academy of Sciences Malaysia.

Wowor, D. & Ng, P. K. L. (2018). A new sesarmid crab of the genus *Karstarma* (Crustacea: Decapoda: Brachyura) associated with limestone formations in East Java, Indonesia. *Zootaxa*, *4482*(2): 355–366. https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.4482.2.7.

Wowor, D. & Rahmadi, C. (2012). Krustasea. Dalam Y. R.Suhardjono & R. Ubaidillah (Ed.), *Fauna karst dan gua Maros, Sulawesi Selatan*, 165–190. LIPI Press.

BAB 10
Inventarisasi Artropoda Tanah

Wara Asfiya & Yayuk Rahayuningsih Suhardjono

Biota (flora, fauna, dan mikrob) tanah masih belum mendapat perhatian sebagaimana mestinya mungkin karena ukurannya yang renik dan dampak kehadirannya tidak langsung dapat dilihat atau dirasakan manusia. Padahal mereka memiliki keanekaragaman dan peran di dalam ekosistem yang tidak kalah penting dibanding hidupan lainnya yang di atas permukaan tanah. Peran biota tanah terhadap ekosistem tanah juga tidak dapat diabaikan, karena merekalah yang melakukan pembentukan tanah melalui proses perombakan dari serasah segar yang terurai menjadi unsur-unsur hara dan mineral tanah.

Selain sebagai pengurai bahan organik tanah, biota tanah juga dapat dimanfaatkan sebagai indikator hayati keadaan tanah. Pada umumnya tanah yang subur dengan ketebalan humus yang cukup memiliki kekayaan keanekaragaman hayati tanah yang tinggi. Beberapa kelompok Artropoda tanah dapat dijadikan indikator karena memiliki kepekaan terhadap kandungan unsur kimia tertentu atau bahkan dapat mengakumulasi bahan kimia tertentu, seperti Collembola (Suhardjono dkk., 2012).

Permukaan tanah dalam lingkup kawasan karst memiliki makna lapisan tanah yang berada di luar perut bumi, yang bisa diartikan juga sebagai tanah pada umumnya. Lapisan tanah yang dihuni biota ter-

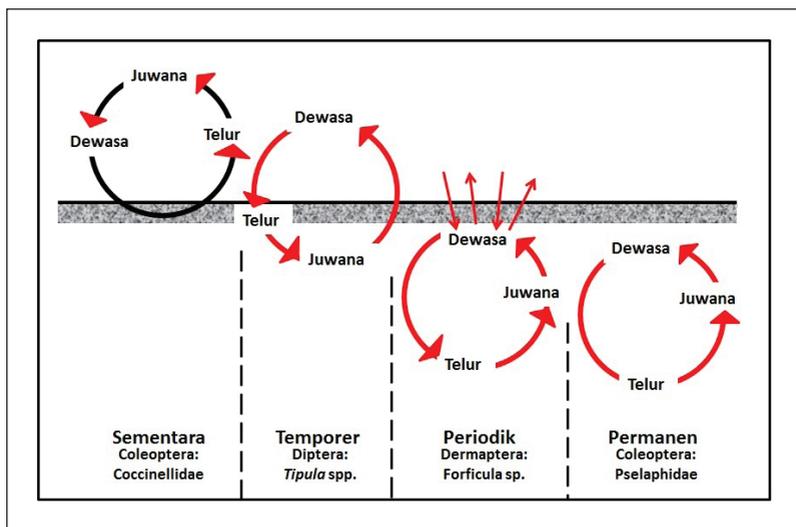
masuk Artropoda pada umumnya berkisar pada kedalaman 0–20 cm bergantung kepada kondisi tanahnya. Kawasan karst sendiri memiliki lapisan tanah yang bervariasi, berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Karst di Jawa pada umumnya memiliki lapisan tanah tipis dengan air permukaan sedikit, sebaliknya di beberapa tempat seperti Sulawesi, Karst Maros tanahnya tebal dan cukup lembap, mungkin karena masih tertutup hutan dengan kanopi rapat. Permukaan tanah yang dimaksudkan di dalam buku ini adalah lapisan tanah yang terdiri atas serasah, humus, dan tanah atas (*top soil*).

Tidak semua binatang yang dapat ditemukan di tanah adalah biota tanah, perlu pemahaman terlebih dahulu supaya tidak terjadi kesalahan pengertian. Begitu juga terhadap Artropoda tanah. Harus diikuti suatu pemahaman yang sama tentang pengertian Artropoda tanah.

A. Apa itu Artropoda Tanah?

Ada kriteria umum yang diikuti oleh para peneliti biota tanah. Dikatakan sebagai binatang tanah apabila seluruh atau sebagian tahapan hidupnya berada di dalam tanah. Pada umumnya Artropoda memiliki tahapan hidup atau stadia berupa telur–larva/nimfa/pradewasa/juwana–pupa–dewasa. Bilamana seluruh stadia hidup (telur–larva/nimfa/pradewasa/juwana–dewasa) berada di dalam tanah maka dinamakan Artropoda tanah permanen, misalnya Collembola (ekorpegas), Potura, Diplura, beberapa jenis serangga (kumbang), dan tungau. Bagi kelompok yang stadia telur dan pradewasanya berada di dalam tanah, tetapi dewasanya hidup di atas permukaan tanah disebut temporer, misalnya beberapa serangga (kumbang, lalat, jangrik, belalang, tawon). Sebaliknya ada kelompok yang telur, pradewasa, dan dewasanya hidup di dalam tanah, tetapi secara teratur stadia dewasanya pergi ke atas permukaan tanah, kelompok terakhir ini disebut periodik (Gambar 10.1).

Ada beberapa jenis Artropoda yang stadia dewasanya berada di atas permukaan tanah, bahkan ada yang di vegetasi. Namun, secara teratur mereka masuk ke dalam tanah untuk melangsungkan

hidupnya, misalnya cocopet, kumbang, jangkrik, dan beberapa kelompok serangga lainnya. Kelompok terakhir ini bukan termasuk biota tanah tetapi disebut binatang tanah sementara. Di dalam buku ini yang dikaji adalah kelompok permanen, periodik, dan temporer (Gambar 10.1). Kelompok dalam ketegori sementara seperti pada Gambar 10.1 bukan termasuk ke dalam biota tanah, keberadaannya dalam tanah mungkin terjadi secara kebetulan atau kecelakaan.

Sumber: Disalin dan diterjemahkan dari Walwork (1970)

Gambar 10.1 Skema Kriteria Artropoda Tanah: Permanen, Periodik, Temporer, dan Sementara

Keanekaragaman fauna tanah tidak kalah tingginya dengan yang di atas permukaan tanah. Secara umum sekitar 90% fauna tanah adalah Invertebrata dan tidak kurang dari ± 75% nya adalah Artropoda. Di hutan tropis seperti Indonesia, dari Artropoda tanah yang ada, ± 80% adalah serangga yang didominasi oleh ekorpegas (Collembola), semut (Insecta, Formicidae) dan tungau (Acarina) (Wallwork, 1970).

Tingginya angka keberadaan Artropoda pada ekosistem tanah memberikan nilai penting yang tersendiri. Posisi yang 75% dari

fauna tanah membuat Artropoda memiliki nilai penting dalam ekosistem global (Wallwork, 1976). Artropoda juga menjadi penting sebagai pakan atau mangsa bagi para predator yang hidup di tanah, mereka menjamin keberlangsungan hidup para pemangsa. Dengan demikian, secara tidak langsung Artropoda berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, data tentang Artropoda tanah sangat diperlukan dalam menunjang upaya konservasi dan dapat membantu dalam menentukan kebijakan. Beberapa jenis di antaranya memiliki rentang atau kisaran ekologi sempit, kelompok yang demikian dapat dimanfaatkan sebagai indikator hayati ekosistem. Di samping itu, sudah dikenal bahwa Artropoda memiliki karakter morfologi yang unik sehingga menyebabkan mereka memiliki nilai tinggi dalam keanekaragaman hayati.

Keanekaragaman Artropoda tanah yang tinggi mengharuskan penentuan kelompok takson yang akan dikoleksi untuk dipelajari lebih lanjut. Kelompok takson pilihan menentukan cara koleksi yang akan diterapkan, meskipun ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk semua takson. Penentuan awal akan sangat membantu dan meringankan perkerjaan pemilahan yang akan dilakukan setelah koleksi. Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengumpulkan Artropoda tanah, namun hanya beberapa cara yang mudah, umum dan baku serta dapat diterapkan untuk semua kelompok Artropoda yang diungkapkan dalam bab ini.

Dalam melakukan *sampling* Artropoda tanah, pengambilan sampel atau pemasangan perangkap dapat dilakukan dalam garis transek ataupun secara acak dengan minimal ulangan sebaiknya sepuluh kali. Perlu diperhatikan dalam setiap kali melakukan kegiatan koleksi, sangat disarankan menerapkan metode baku yang sama (baik *sampling*, jumlah kali ulangan, cara koleksi maupun alat yang digunakan) secara konsisten di mana saja. Dengan demikian, data yang terkumpul dapat dibandingkan dan dianalisis dengan baik, serta dapat dibuat *database* dengan format yang konsisten pula. Banyak metode analisis dapat digunakan untuk mengolah data *sampling* fauna tanah. Kecerdasan peneliti sangat dibutuhkan dalam menentukan

kelompok takson, metode koleksi, dan *sampling* yang akan diterapkan, juga termasuk menentukan titik-titik *sampling*.

B. Apa itu Artropoda?

Artropoda yang dimaksud di dalam buku ini adalah semua binatang yang memiliki tungkai berbuku-buku. Beberapa kelompok memiliki pasangan tungkai banyak, seperti kaki seribu dan lipan, tujuh pasang (kelas Isopoda), lima pasang (kelas Decapoda), empat pasang (kelas Arachnida, seperti laba-laba, kalajengking, kalacemeti, kalacuka, akari, scutigera). Beberapa kelompok ada yang memiliki tiga pasang tungkai, yaitu kelas Insekta atau serangga (misalnya kumbang, lipas, kepik, lalat, jangkrik, cocopet, perak-perak, tomkat); kelas Collembola (ekorpegas); kelas Protura (proturan), dan kelas Diplura (dipluran). Jenis-jenis tertentu mudah dijumpai pada hampir semua macam tanah di mana saja, tetapi sebaliknya jenis yang lain memiliki sebaran terbatas dan hanya dijumpai pada kondisi tanah tertentu.

Berdasarkan ukuran panjang tubuh, ada beberapa peneliti mengelompokan fauna tanah menjadi tiga, yaitu mikrofauna (panjang tubuh <0,16 mm), mesofauna (0,16–10,24 mm), dan makrofauna (>10,24 mm) (Wallwork, 1970). Untuk kelompok makro Artropoda sangat mudah dikenali dengan mata telanjang (misalnya rayap, semut, kumbang, Isopoda, dan Diplopoda), tetapi yang berukuran meso ada beberapa yang mudah dikenali (Collembola dan tungau) sedangkan yang mikro hampir tidak kasat mata (tungau) sehingga untuk kelompok Artropoda berukuran meso dan mikro diperlukan alat-alat, baik untuk mengumpulkan spesimen maupun untuk pemilahan (memisah-misahkan Artropoda dari tanah dan juga ke dalam tiap-tiap kelompok).

C. Cara Koleksi

Dalam melakukan penelitian Artropoda tanah, harus dipahami betul cara-cara koleksi untuk mencari kelompok yang akan diamati. Cara koleksi Artropoda tanah ada beberapa macam, pada umumnya juga ditentukan oleh kelompok takson yang diteliti. Mungkin alat yang sama tetapi memiliki ukuran bagian tertentu yang berbeda karena

untuk sasaran kelompok takson yang berbeda, misalnya aspirator untuk Collembola memiliki ukuran pipa penyedot yang berbeda untuk Thysanura. Ukuran *mesh* atau lubang-lubang saringan juga harus disesuaikan dengan kelompok binatang target.

Penentuan takson target diperlukan karena besarnya keanekaragaman kelompok Artropoda. Di samping target takson, maksud dan tujuan inventarisasi juga harus jelas, misalnya untuk keperluan taksonomi atau ekologi. Namun, dalam penelitian untuk menghitung cepat keanekaragaman (*Rapid Biodiversity Assessment*) biota tanah pada suatu lokasi, diperlukan pemilihan bijak tentang metode *sampling* dan cara koleksi. Kegiatan seperti ini semua takson diperlukan untuk diteliti dengan jumlah sampel yang memadai. Dalam Hitung Cepat Keanekaragaman (HCK), biasanya dipilih cara koleksi dan *sampling* yang sederhana, karena penelitian dilakukan dalam waktu yang sangat terbatas. Apalagi bilamana penelitian dilakukan pada lokasi yang sulit dijangkau, dengan tenaga pelaksana yang terbatas, pemilihan peralatan yang minimalis, praktis, tetapi memenuhi nilai-nilai analisis secara ilmiah sangat diperlukan.

D. Penentuan Takson

Dalam hal penelitian taksonomi atau ekologi, diperlukan pengamatan kelompok takson. Pemilihan kelompok takson menentukan macam alat tangkap yang digunakan. Alat yang tepat dapat menentukan keberhasilan penelitian karena ada alat yang efektif untuk digunakan mencari kelompok yang hidup aktif pada permukaan tanah atau lapisan serasah, dan sebaliknya ada alat khusus untuk yang benar-benar Artropoda tanah. Ada kelompok yang memerlukan umpan khusus dalam perangkap untuk mengoleksinya. Para peneliti yang sudah memiliki takson pilihan, pada umumnya sudah tahu persis metode *sampling* dan cara pengumpulan spesimennya, bahkan habitat yang seperti apa yang banyak dihuni oleh takson targetnya.

E. Metode *Sampling*

Dalam melakukan penelitian Artropoda tanah pada kawasan karst, garis besarnya hampir sama dengan tipe ekosistem lainnya. Hal yang

membedakan hanyalah lapisan tanah pada kawasan karst biasanya tipis dan berbatu keras. Itulah mengapa, sedikit susah apabila akan melakukan *sampling* yang ideal. Namun, pada umumnya dapat dilakukan beberapa cara *sampling* terutama untuk penelitian yang berbau ekologi.

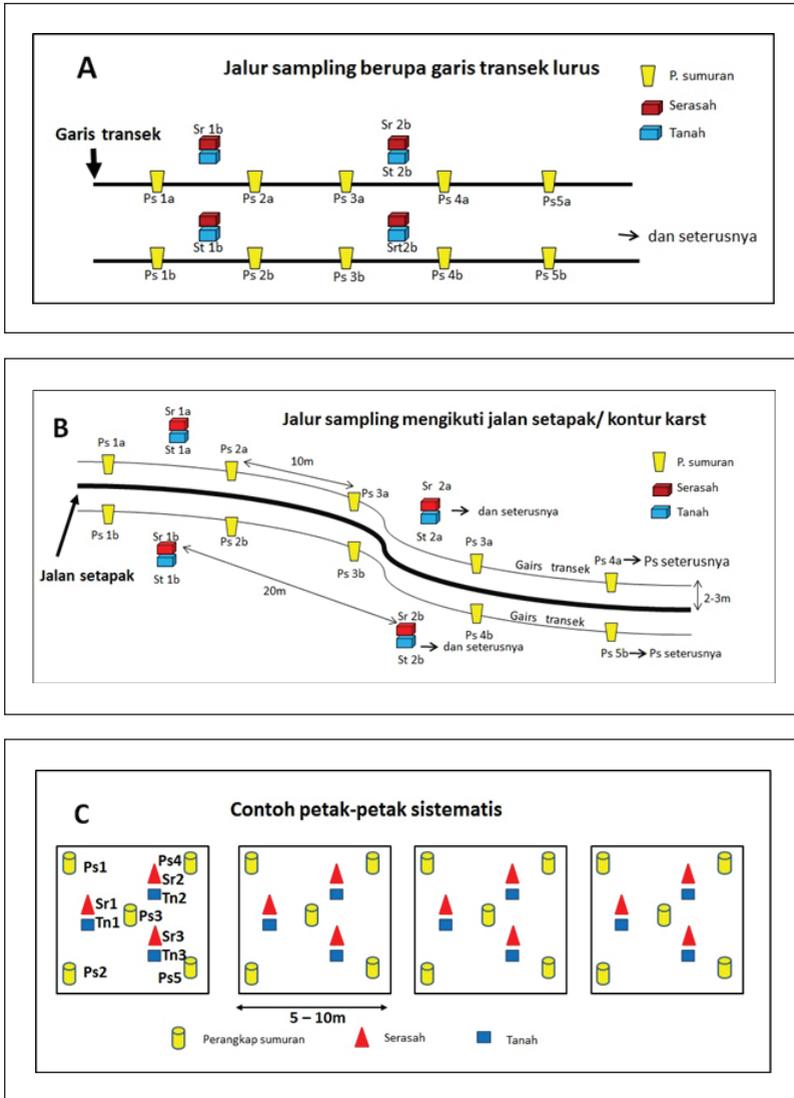
Secara umum dikenal dua macam cara *sampling*, meskipun cara yang disajikan ini dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan dan tujuan penelitian. Cara *sampling* sederhana yang dapat diterapkan adalah:

1. Membuat Garis

Pada kawasan karst yang terbuka atau dalam hutan yang relatif dengan kontur tanah datar, sangatlah mudah untuk menarik garis lurus (Gambar 10.2 A). Namun sebaliknya, apabila bekerja pada lokasi yang berbukit, bertebing curam atau hutan lebat pembuatan garis lurus untuk jalur transek biasanya sulit. Bilamana menemukan kondisi yang demikian maka jalur untuk pengambilan sampel dapat dilakukan mengikuti jalan setapak atau titik-titik yang tidak curam (Gambar 10.2 B).

Pada garis atau jalur yang sudah dibuat, dapat diletakkan perangkap atau ditentukan titik-titik pengambilan sampel (Gambar 10.2 A&B). Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah jarak antartitik pengambilan konsisten diterapkan pada setiap *sampling*, begitu juga jumlah titik pada setiap jalur sebaiknya selalu sama untuk lokasi yang berbeda.

2. Membuat Petak-Petak Pengamatan dan Menentukan Titik-Titik Pengambilan Sampel

Bilamana pembuatan garis tidak memungkinkan, untuk melakukan *sampling* dapat dibuat petak-petak pengambilan sampel (Gambar 10.2 C). Ukuran petak pada umumnya untuk biota tanah adalah 5 m x 5 m, tetapi ada juga yang membuat lebih besar. Bahkan ada peneliti yang hanya membuat petak berukuran 1 m x 1 m untuk pengambilan langsung biota yang djumpai dalam petak. Peletakan titik sampel dapat sistematis tetapi dapat juga secara acak, semua bergantung kepada penelitinya, maksud dan tujuan penelitiannya.

Ket.: A. Transek berupa garis lurus; B. Jalur *sampling* mengikuti jalan setapak; C. Menggunakan petak-petak pengamatan.

Sumber: disalin dari Suhardjono dkk. (2012)

Gambar 10.2 Metode *Sampling* Artropoda Tanah

3. Penentuan Titik Koleksi

Pada kawasan karst dapat dijumpai beberapa macam tipe ekosistem atau habitat untuk Artropoda tanah, antara lain hutan primer, hutan sekunder, belukar, kebun, ladang, tepian perairan, dan lahan terbuka. Pelaksana inventarisasi yang sudah menentukan takson target, sebaiknya sudah mengetahui tipe habitat yang dituju sehingga dapat mempersiapkan alat tangkap yang sesuai.

Pemilihan titik-titik koleksi untuk pemasangan atau peletakan perangkap dan pengambilan sampel serasah dan atau tanah sangat menentukan hasil yang akan diperoleh. Sebelum melakukan pemasangan perangkap perlu diperhatikan lokasi sekitarnya. Hindari permukaan tanah yang miring terutama jalur lewatnya air hujan sebagai titik pemasangan perangkap atau pengambilan sampel tanah. Namun, tetap perhatikan garis atau jalur yang sudah ditentukan dalam metode *sampling* (Gambar 10.2 A&B). Permukaan tanah yang miring ini akan membahayakan perangkapnya sendiri karena setelah hujan mungkin perangkap akan penuh air atau bahkan hanyut terbawa aliran air hujan. Di samping itu, bahan organik yang ada pada permukaan yang miring biasanya sudah tercuci oleh air hujan, biasanya tidak banyak binatang penghuninya. Serasah yang tertimbun di antara akar papan biasanya banyak dihuni oleh Artropoda. Di dalam hutan sebaiknya juga tidak memasang perangkap tepat pada jalur jalan setapak atau lintasan binatang besar karena gangguan akan terinjak oleh orang atau binatang yang lewat menjadi kendala utama. Namun, pemasangan perangkap atau pengambilan sampel dapat dilakukan pada sisi dengan jarak 1–2 m dari jalur jalan setapak lintasan manusia ataupun binatang (Gambar 10.2 B).

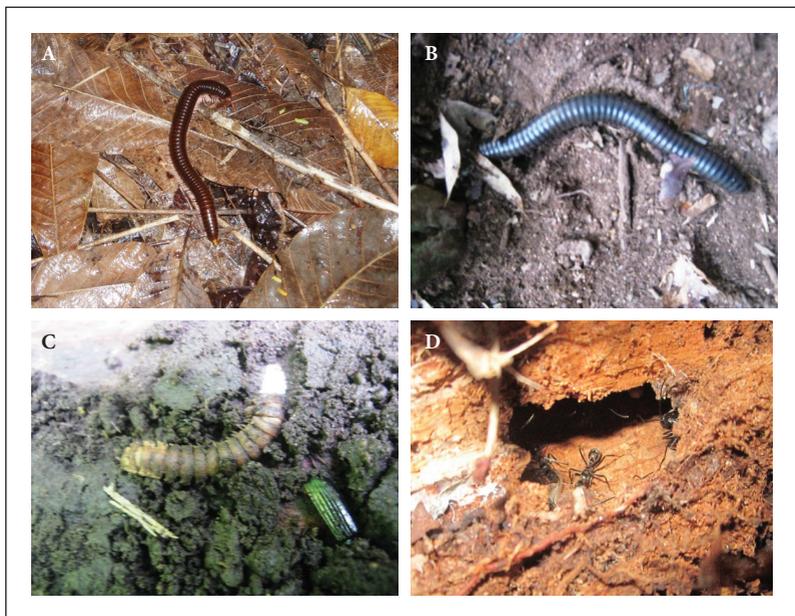
F. Metode Koleksi

Berbagai macam alat dapat digunakan dalam melakukan koleksi Artropoda tanah, ada yang sederhana dan ada juga yang canggih, yang ringan, ataupun yang berat. Dalam melakukan survei atau eksplorasi, yang harus dipertimbangkan adalah membawa peralatan yang praktis, ringan, tidak mahal, bahan mudah diperoleh di lokasi

penelitian, dan mudah dibawa. Dari kriteria yang dikemukakan, ada beberapa alat yang dapat disarankan untuk digunakan dalam survei untuk melakukan koleksi atau penelitian Artropoda tanah.

1. Koleksi dengan Menangkap Langsung

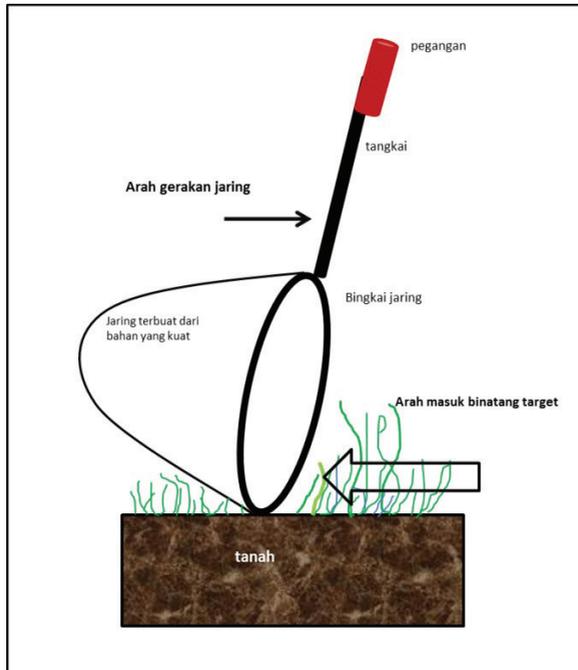
Koleksi secara langsung ini dapat dilakukan terhadap kelompok Artropoda yang berukuran makro. Kelompok ini dengan mudah dapat dikenali dan ditangkap (Gambar 10.3). Koleksi secara langsung terdiri dari pencarian pada berbagai mikrohabitat di suatu lokasi, di antaranya tanah atau serasah, bawah batu, kayu lapuk, atau benda lain yang ada di tanah. Untuk menjaga keselamatan diri, dalam mengorek-ngorek serasah atau tanah, membongkar batu, kayu atau pohon diperlukan sarung tangan. Karena tidak jarang di dalam tempat yang terlindung tersebut sering dijumpai binatang berbisa seperti ular, ketonggeng, atau kalajengking. Sementara itu, untuk menangkapnya dapat langsung dengan tangan, aspirator, atau dengan menggunakan pinset. Untuk kelompok serangga sosial seperti semut yang membentuk koloni, apabila memungkinkan, koleksi juga dilakukan pada sarang atau jalur pencarian makan sehingga dapat dipastikan bahwa semua individu yang dikoleksi (yaitu pekerja mayor dan minor, jantan, ratu) adalah spesies yang sama. Di samping itu, koleksi koloni memungkinkan untuk mengetahui variasi dalam satu spesies. Pencarian koloni ini dibutuhkan terutama untuk studi taksonomi.

Spesimen yang terkumpul dapat langsung dimasukkan ke dalam botol koleksi yang sudah berisi alkohol, atau diperlukan tahap pembunuhan lebih dahulu, atau dalam botol kosong tertutup. Ada yang menginginkan untuk mengoleksi spesimen dalam keadaan hidup untuk dipelihara atau mungkin untuk pemotretan yang alami. Koleksi dapat dilakukan pada siang hari (pukul 9.00–11.00) dan juga malam hari (pukul 18.00–20.00) karena sebagian besar Artropoda tanah aktif di malam hari (nokturnal).

Ket.: A. Kaki seribu, tubuh gilig, warna coklat mengkilat; B. Kaki seribu, tubuh gilig warna biru metalik; C. Kaki seribu, tubuh sedikit pipih, warna coklat kusam; D. Semut, tubuh berukuran sedang, warna hitam.

Sumber: Rahmadi & Asfiya (tidak dipublikasikan)

Gambar 10.3 Contoh Kelompok Makrofauna Tanah

2. Dengan Jaring Kebut

Jaring kebut untuk Artropoda tanah berukuran tidak terlalu besar, biasanya dengan diameter lingkar jaring sekitar 25 cm, jaring terbuat dari bahan yang kuat seperti kain batis atau belacu tipis, panjang tangkai jaring 5–75 cm (Gambar 10.4). Metode ini tidak selalu menghasilkan Artropoda tanah asli, biasanya kelompok temporer atau periodik yang terjaring, seperti beberapa serangga dewasa (kumbang, lalat, jangkrik, belalang, tawon).

Sumber: Disalin dari Suhardjono dkk. (2012)

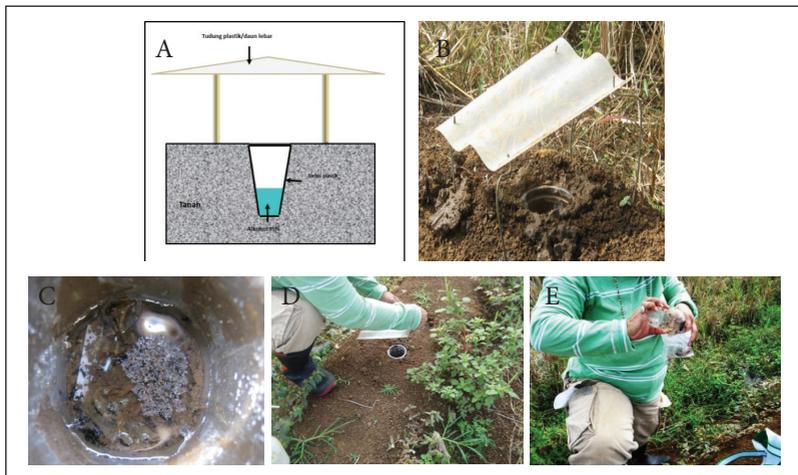
Gambar 10.4 Jaring Kebut Artropoda Permukaan Tanah

3. Perangkap Sumuran (PSm)

Perangkap ini sebenarnya berupa sumuran atau lubang untuk jebakan bagi Artropoda yang berjalan melintasinya (Gambar 10.5A). Alat yang digunakan yang paling mudah dan murah adalah gelas plastik, tetapi dapat juga menggunakan bentuk wadah lainnya seperti botol atau tabung. Wadah yang digunakan sebaiknya dengan diameter atas tidak terlalu lebar dan memiliki kedalaman cukup sehingga binatang yang terperangkap tidak mudah melompat keluar.

Gelas atau botol yang digunakan ditanam dengan permukaan atasnya rata permukaan tanah (Gambar 10.5B). Di dalamnya diisi alkohol 70% atau 95% sebanyak kira-kira sepertiga tinggi gelas (Gambar 10.5C). Alkohol ini berfungsi sebagai bahan penarik kunjungan, pembunuh, dan sekaligus pengawet Artropoda yang terjebak.

Pemasangan PSm dapat dilakukan paling cepat selama 24 jam (biasanya dalam HCK), tetapi dari pengalaman lapangan penulis, idealnya adalah 3x24 jam, kecuali apabila penelitian dilakukan pada daerah pasang surut misalnya di tepi pantai, PSm ditanam ketika air mulai surut dan diangkat sebelum air pasang yang biasanya hanya sekitar 6–8 jam. Untuk menghindari tambahan air apabila hujan turun dan mengurangi kotoran dari atas, PSm yang dipasang dapat dilengkapi pelindung. Pelindung dapat berupa potongan lempengan plastik yang sudah dipersiapkan atau dapat juga dengan daun yang lebar yang tersedia di lapangan. Untuk menjaga agar dapat membedakan antara satu sampel dengan yang lainnya maka pada setiap gelas PSm yang digunakan diberi label yang berisi data lokasi, tanggal pemasangan dan nama pelaksana (yang melakukan koleksi).

Ketika membongkar PSm harus hati-hati jangan sampai banyak tanah yang masuk kedalam perangkap gelas (Gambar 10.5D). Bilamana digunakan gelas plastik sebagai perangkap maka Artropoda yang

Ket.: A. Skema PSm yang tertanam di dalam tanah; B. PSm yang terpasang; C. Contoh hasil tangkapan PSm berupa Collembola, semut, dan kumbang; D. Membongkar PSm untuk mengangkat gelas berisi spesimen; E. Menuangkan spesimen ke dalam kantong plastik.

Sumber: Suhardjono (tidak dipublikasikan)

Gambar 10.5 Perangkap Sumuran (PSm)

terperangkap dipindahkan ke dalam kantong plastik (Gambar 10.5E), dan diikat rapat-rapat untuk dibawa ke laboratorium atau tempat lain guna pemilahan lebih lanjut. Memindahkan binatang terkoleksi dari gelas ke kantong plastik harus dilakukan dengan hati-hati, jangan sampai ada yang tersisa atau masih tertinggal dalam wadah perangkap, karena terdapat beberapa takson berukuran sangat kecil dan berwarna putih. Sebaiknya setelah binatang dalam wadah dituangkan ke dalam kantong plastik, wadah diberi alkohol lagi untuk membersihkan sisa-sisa binatang yang tertinggal. Di laboratorium, binatang yang terperangkap dalam PSm dipilah di bawah mikroskop dan dimasukkan ke dalam botol koleksi berisi alkohol 95%, dan dilengkapi label. Dalam hal penggunaan botol sebagai jebakan, maka setelah waktu pengangkatan yang ditentukan, tinggal memasang kembali tutup botolnya dan membawanya ke laboratorium atau tempat pemilahan.

Durasi pemasangan PSm adalah minimal 24 jam, diharapkan perangkap ini dapat memerangkap semua jenis Artropoda yang aktif di permukaan tanah baik siang maupun malam. Pada umumnya Artropoda tanah kebanyakan aktif dimalam hari seperti labah-laba, pseudoscorpion, kalajengking, isopoda, diplopoda, tungau, semut, ekorpegas dan serangga (misalnya kumbang: staphylinid, nitidulid, scolitid; jangkrik: gryllid, trydactylid; lalat: phorid, sciarid, drosophilid; tawon parasit: chalcidoid, eulophid, scelionid). Pada siang hari kelompok nokturnal bersembunyi di bawah kulit kayu, bebatuan, serasah atau masuk ke dalam liang. Meskipun demikian, PSm ini memiliki kelemahan yaitu tidak dapat digunakan untuk menghitung populasi binatang buruan, tetapi dapat menggambarkan pola sebarannya. Beberapa kelompok Artropoda tanah juga tidak dapat dikoleksi karena mereka menghindari atau tidak bertemu perangkap saat menjelajah.

Variasi cairan yang digunakan dalam PSm juga sering dilakukan para peneliti (Suhardjono, 1997). Penggunaan sirup, bir, atau jenis minuman manis lainnya akan lebih menarik datangnya semut dan kecoa untuk masuk ke dalam perangkap. Namun, PSm dengan cairan minuman di dalamnya harus setiap hari diamati, karena binatang yang terperangkap tidak mati dan dapat merusak atau berkelahi

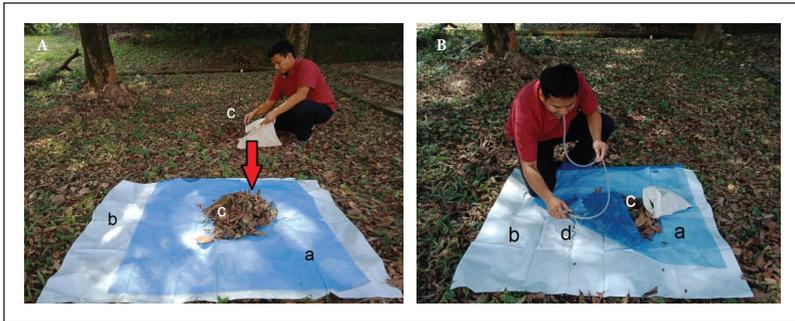
satu dengan lainnya. Larutan formalin 4% juga dapat digunakan di dalam PSm, tetapi selain sangat mengganggu baunya dan mata menjadi pedih ketika pemilahan, juga menyebabkan gangguan pada tangan karena kulit iritasi. Di samping itu, binatang yang diperangkap dengan formalin tubuhnya akan kaku dan mengeras sehingga tidak dapat diperlakukan lebih lanjut bilamana diperlukan, misalnya untuk analisis DNA atau untuk keperluan *barcoding*. Di samping cairan-cairan yang disebutkan di atas, pendingin radiator (*ethylene* atau *propylene glycol*) dapat digunakan karena penguapannya lambat, namun pewarnanya dapat mengubah warna tubuh beberapa spesies (Bestelmeyer dkk., 2000).

Artropoda tanah yang dapat terperangkap ke dalam jebakan PSm pada umumnya adalah yang aktif merayap di permukaan tanah. Dengan PSm ini banyak kelompok takson yang dapat terkoleksi, misalnya ekorpegas, labah-labah, serangga, dan tungau. Di antara takson-takson tersebut, serangga yang paling banyak jenisnya adalah berbagai jenis kumbang, semut, jangkrik, anjing tanah, dan lalat, sedangkan takson yang dalam jumlah individu banyak sering dijumpai di PSm adalah ekorpegas, semut, dan tungau.

4. Pengayakan Serasah

Serasah adalah semua bahan organik jatuhan dari pepohonan yang tertimbun di atas permukaan tanah, dapat berupa daun-daun, ranting dan rontokan bunga. Dalam melakukan koleksi Artropoda serasah harus diperhatikan keadaan serasahnya, akan lebih baik yang agak lembap. Serasah yang akan diayak, dipilih yang sudah sedikit mengalami proses fermentasi, terutama yang langsung berada di atas humus dengan memisahkan serasah yang segar terlebih dahulu.

Ayakan yang paling sederhana serta mudah dibawa dan digunakan adalah berupa lembaran plastik strimin (plastik nyamuk atau sejenisnya) dengan lubang berukuran 1 mm, warna dapat apa saja (Gambar 10.6 Aa). Ayakan ini dikembangkan dan digunakan pertama oleh Ryozo Yoshii untuk koleksi Collembola serasah, oleh karena itu dinamakan "Ayakan Yoshii". Di bawah ayakan dibentangkan lembar plastik putih sebagai penadah binatang yang lolos dari ayakan (Gam-

bar 10.6 Ab). Serasah yang akan diayak diambil dan diletakkan di atas ayakan (Gambar 10.6 Ac). Serasah diayak dengan cara menggoyang-goyangkan ayakan di atas lembar penadah (Gambar 10.6B), binatang yang lolos dari ayak dikumpulkan dengan aspirator (Gambar 10.6 Bd) atau kuas halus yang sudah dicelupkan dalam alkohol. Alat ini praktis dan mudah dibawa serta efektif untuk collembolan permukaan tanah (Suhardjono dkk., 2012)

Ket.: A. Persiapan dan pengambilan serasah untuk diayak; B. Serasah yang sudah diayak, binatang diambil dengan menggunakan aspirator.

Sumber: Asfiya (tidak dipublikasikan)

Gambar 10.6 Ayakan Yoshii

Cukup banyak takson yang dapat dikoleksi dengan ayakan ini, terutama yang berukuran panjang tubuh <1 mm yang menghuni serasah sebagai habitatnya. Kelompok yang dapat dijumpai antara lain laba-laba, pseudoscorpion, kalajengking, tungau, ekorpegas, dan serangga (misalnya kumbang, orthopteran: kecoa, belalang acridid, tettigonid, tetrigid, gryllid; lalat: phorid, sciarid, drosophilid; tawon parasit: chalcidoid, eulophid, trichogramatid). Binatang dapat dikumpulkan dengan menggunakan capitan (pinset), kuas halus, atau aspirator. Binatang yang tertangkap dimasukkan ke dalam botol koleksi berisi alkohol 90% dan diberi label.

Ayakan jenis lainnya lebih kuat terbuat dari kain belacu yang dipopulerkan pertama oleh Reitter (Kuhnelt, 1950) (Gambar 10.7). Ayakan Kuhnelt ini terdiri dari 1/3 pada bagian atas berbentuk tabung, sedangkan 2/3 nya di bagian bawah sedikit seperti corong yang ujung-

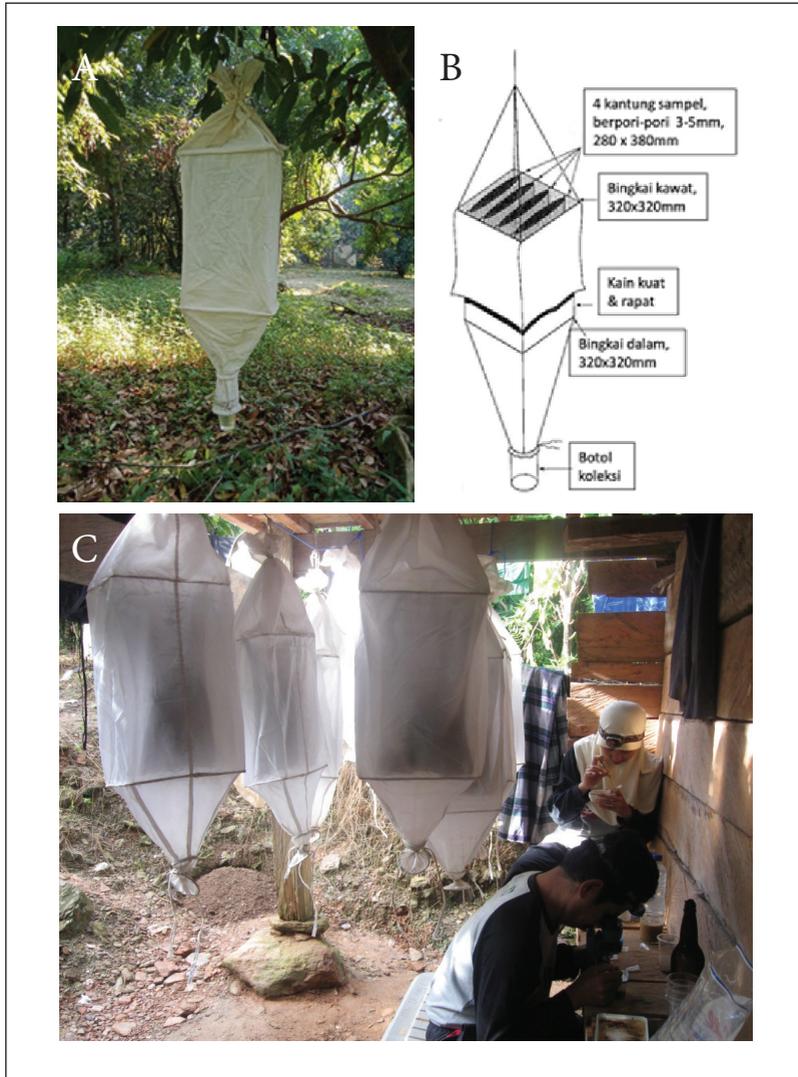
nya diikat dengan tali yang mudah dibuka. Bagian 1/3 yang atas dan bawahnya dibingkai logam kuat bertangkai untuk pegangan ketika menggoyangkan (Gambar 10.7 A) dan pada bagian dasar tabung ini dilengkapi ayakan terbuat dari logam dengan ukuran lubang 1 cm (Gambar 10.7 B).

Langkah pertama menggunakan ayakan ini adalah dengan mencari serasah atau humus yang lembap dalam jumlah yang cukup. Humus dimasukkan ke dalam ayakan dan diletakkan di atas saringan kemudaian ayakan digoyang-goyangkan dengan menggerakkan pegangan tangan kiri dan kanan berbeda arah. Serangga akan jatuh ke bawah, terkumpul pada bagian ujung corong, dengan hati-hati tali ikatan dibuka dan spesimen ditampung pada nampan. Binatang dapat dikoleksi dengan capitan atau pinset, atau aspirator. Artropoda yang dikumpulkan langsung dimasukkan ke dalam botol koleksi berisi alkohol 70–90%. Alat ini efektif untuk serangga dan Artropoda lainnya yang bertubuh keras seperti kumbang, kecoa, laba-laba, kaki seribu, tetapi tidak cocok untuk ekorpegas, potura, dan symphila yang bertubuh lunak.

Ket.: A. Ketika menggerakan dalam proses mengayak; B. Bagian dalam tampak ayakan atau saringannya.

Sumber: Asfiya (tidak dipublikasikan)

Gambar 10.7 Ayakan Kuhnelt

Jenis ayakan berikutnya dinamakan perangkap Winkler (Gambar 10.8). Alat ini juga terbuat dari kain belacu atau sejenisnya tetapi tebal. Di dalamnya digantungkan 4–6 kantong persegi terbuat dari kain atau bahan lain yang cukup lunak dengan ukuran lubang 4–5 mm sebagai saringannya. Kantong saringan diisi humus, kemudian digantungkan di dalam saringan (Gambar 10.8 B) selama paling sedikit 24–48 jam. Serangga akan jatuh ke bawah dan masuk ke dalam botol koleksi yang sudah diisi alkohol 70–90%. Pemilahan biasanya dilakukan di bawah mikroskop atau kaca pembesar. Yang perlu diperhatikan dalam penggunaan Winkler ini adalah ujung atas harus diikat rapat-rapat agar binatang dari dalam perangkap tidak merayap keluar dan sebaliknya juga tidak ada binatang yang masuk ke dalam selama pengoperasian perangkap. Kantong Winkler adalah semacam ayakan yang tepat untuk koleksi Artropoda yang susah terlihat karena berukuran kecil, umumnya tidak aktif bergerak, dan memiliki warna mirip dengan tanah atau serasah. Kelompok ini sulit dikoleksi dengan menggunakan metode lain, seperti dengan metode pengayakan yang umum (Gibb & Oseto, 2006; Paulson, 2005), misalnya kumbang Curculionidae (*Trogonopterus*). Kumbang *Trogonopterus* ini dikenal serangga kurang gerak, gerakannya kaku seperti robot dan bilamana tersentuh sedikit tubuhnya akan menggulung berbetuk seperti butiran pasir hitam.

Ket.: A. Perangkap dipersiapkan untuk dioperasikan; B. Skema perangkap dalam perangkap; C. Penggunaan perangkap Winkler yang berisi sampel serasah.

Sumber: A dan B. Suhardjono dkk. (2012); C. Nugroho (tidak dipublikasikan)

Gambar 10.8 Perangkap Winkler

5. Pengambilan Contoh Serasah dan Tanah

Cara koleksi ini memiliki kelebihan karena pengambilan sampelnya dalam luasan atau volume tertentu sehingga hasil yang diperoleh dapat menjadi angka populasi dari Artropoda yang terkoleksi. Cara pengambilan sampel serasah dan tanah sama, yaitu dalam ukuran tertentu.

a. Sampel Serasah

Serasah yang diambil adalah yang sudah mengalami perombakan, bukan yang masih segar atau baru jatuh rontok dari pohon. Biasanya adalah lapisan serasah yang berada tepat di atas lapisan tanah atas. Lapisan ini pada umumnya dikenal sebagai humus. Ketebalan humus berbeda pada lokasi yang berbeda, bahkan kadang-kadang dijumpai permukaan tanah nyaris tanpa serasah di atasnya. Pada umumnya di daerah tropis, lapisan humusnya tipis, karena serasah tercuci atau juga sering terbawa air.

b. Sampel Tanah

Lapisan tanah yang berada tepat di bawah humus merupakan sampel yang baik sebagai contoh tanah untuk diambil Artropoda yang hidup di dalamnya. Pada umumnya tanah di bawah humus ini cukup lembap dan memiliki kandungan organik. Oleh karena itu, disukai binatang terutama Artropoda. Sampel yang dikoleksi adalah bagian tanah ini setelah dibersihkan atau disingkirkan lapisan humusnya (Gambar 10.9 A).

c. Ukuran Sampel Serasah dan/atau Tanah

Ukuran sampel sebetulnya bergantung kepada maksud dan tujuan penelitian, yaitu untuk taksonomi atau ekologi. Penelitian taksonomi memerlukan jumlah spesimen binatang cukup banyak. Oleh karena itu, lebih baik menggunakan ukuran sampel lebih besar, contohnya 25 cm x 25 cm. Untuk serasah tebalnya mengikuti ketebalan serasah pada umumnya, misalnya 5 cm, sedangkan tanah dapat diambil pada kedalaman 0–20 cm. Apalagi kalau akan diamati sebaran vertikal Arthopoda tanah, maka pengambilan contoh tanah dilakukan setiap

lapisan tanah biasanya pada kedalaman 0–5 cm; 5–10 cm; 10–15 cm; dan 15–20 cm. Selain ukuran tersebut di atas, sampel tanah atau serasah juga dapat diambil dengan berdasarkan takaran, misalnya 1 liter. Dalam hal ukuran sampel ini, yang perlu diperhatikan adalah konsistensi dalam setiap pengambilan atau *sampling* harus selalu sama.

Sampel untuk penelitian ekologi tanah dapat diambil dengan menggunakan bor tanah dengan ukuran diameter ± 3,5–5 cm atau pisau (10 cm x 10 cm) dengan kedalaman sesuai kebutuhan. Biasanya jumlah sampel penelitian ekologi jauh lebih banyak daripada taksonomi. Dalam satu lokasi, sampel untuk penelitian taksonomi atau mengetahui keanekaragaman cukup 3–5 contoh dengan ukuran 25 cm x 25 cm, sedangkan penelitian ekologi, pengambilan sampel dengan bor tanah dari satu lokasi diperlukan 50–100 contoh.

Ket.: A. Serasah di permukaan tanah disingkirkan; B. Sampel tanah dimasukkan ke dalam kantong belacu; C. Sampel-sampel tanah dalam kantong yang terikat erat.

Sumber: Suhardjono (2012).

Gambar 10.9 Pengambilan Sampel Tanah

6. Penanganan Sampel Serasah dan Tanah

Sampel dari tempat atau lokasi pengamatan dimasukkan ke dalam kantong belacu untuk dibawa ke laboratorium atau tempat menginap (Gambar 10.9 B). Kantong belacu diperlukan untuk menjaga agar binatang yang terbawa dalam serasah dan atau tanah dapat bertahan hidup. Kantong yang digunakan biasanya berukuran 25 cm x 35 cm dan dilengkapi dengan tali pengikat (Gambar 10.9 C). Binatang yang masih terjaga hidup, ketika diperlakukan dalam perangkat pemilah,

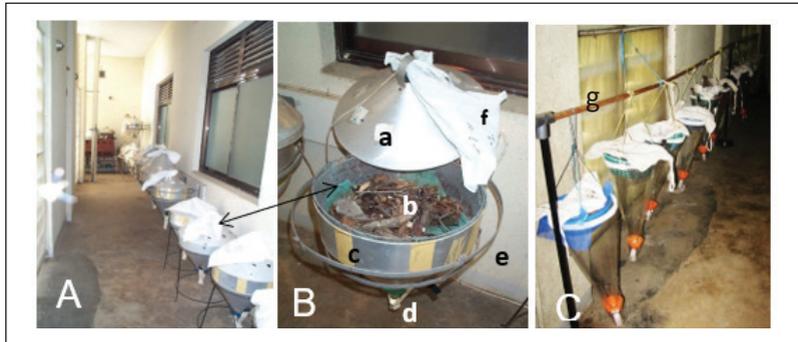
mereka dapat turun ke dalam botol penampung spesimen. Penggunaan kantong belacu binatang dapat bertahan hidup sampai dua minggu di dalam suhu kamar apabila tempat penyimpanan dan penanganan selama transportasi benar, yaitu tidak terkena panas matahari langsung, panas mesin, ataupun kehujanan. Sampel-sampel dikemas di dalam wadah yang masih dapat terjadi pertukaran udara atau aerasi dengan baik sehingga memungkinkan binatang tanah masih dapat bernapas. Di samping itu, uap air yang keluar dari serasah-tanah dapat hilang tanpa mengganggu binatang di dalamnya. Penggunaan wadah plastik akan mengganggu dan mematikan binatang dalam sampel karena uap serasah tanah tersekap dan menyebabkan suhu dalam wadah meningkat.

Ada beberapa jenis perangkat yang dapat digunakan untuk memisahkan atau ekstraksi Artropoda dari tanah/serasah, dari yang canggih, sederhana atau dibuat modifikasinya sendiri. Alat pemisah yang umum dan mudah digunakan antara lain:

a. Corong "Berlese" (*Berlese Funnel*)

Merupakan corong yang diberi sarangan untuk menempatkan serasah atau tanahnya (Gambar 10.10). Corong dapat dibuat dari bahan aluminium (Gambar 10.10 A&B) atau dimodifikasi agar mudah dibawa ke lapangan dari plastik (Gambar 10.10 C). Sampel tanah yang diletakkan di keranjang saringan akan mengalami kering selama perlakuan. Kekeringan sampel ini membuat binatang tanah turun ke bawah lolos dari saringan jatuh ke dinding dalam corong yang akhirnya terpeleset jatuh ke dalam botol koleksi di bagian bawah corong (Gambar 10.10 Bd). Rentang waktu sampel di dalam corong bergantung kepada keadaan sampel biasanya, yaitu berkisar 7–14 hari. Setelah diperkirakan sampel tanah atau serasah kering, botol koleksi berisi spesimen disimpan. Jangan lupa memberi label di dalam botol koleksi spesimen. Pemilahan selanjutnya dilakukan di bawah mikroskop.

Untuk mempercepat turunnya binatang koleksi ke dalam botol penampung, beberapa peneliti melengkapi corong Berlese dengan lampu. Dalam penggunaan lampu harus diperhatikan jangan sampai

terlalu panas, karena suhu tinggi akan menyebabkan binatangnya mati. Lampu yang digunakan sebaiknya halogen, karena jenis lampu ini cukup memberi kehangatan dalam jangka waktu lama. Bila digunakan lampu atau bohlam biasa, sebaiknya tidak lebih dari 25 watt dengan jarak antara lampu dan sampel paling tidak 25 cm.

Ket.: A. Deretan Corong Berlese (CB); B. Bagian dalam CB; C. Modifikasi CB untuk di lapangan, tanpa lampu, terbuat dari plastik dan keranjang plastik sebagai saringan: a. Tutup; b. Saringan tempat serasah/tanah; c. Corong; d. Botol penampung spesimen berisi alkohol 96%; e. Penyangga corong; f. Kantong belacu; g. Penggantung corong.

Sumber: Disalin dari Suhardjono dkk. (2012)

Gambar 10.10 Alat pemisah Artropoda tanah dari sampel serasah atau tanah.

b. Corong "Tulgren" (*Tulgren funnel*)

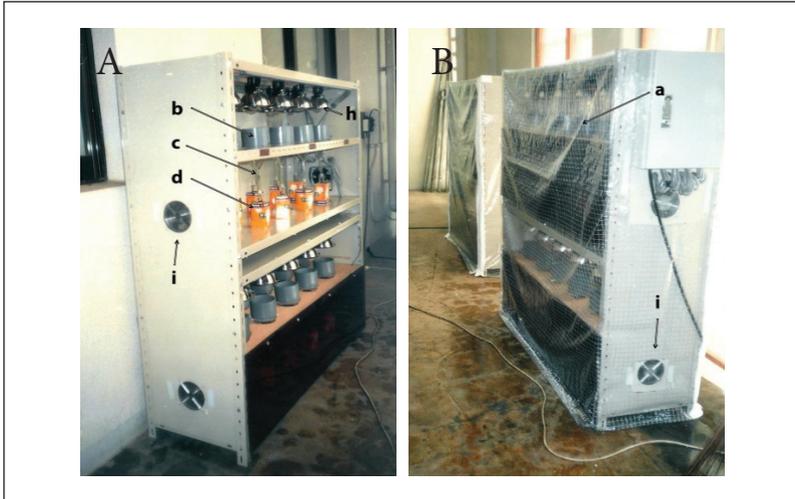
Cara kerja alat ini mirip corong Berlese, bahkan tidak jarang disebut juga Corong Berlese, tetapi dengan ukuran sampel lebih kecil (Gambar 10.11). Alat ini lebih cocok digunakan untuk penelitian ekologi yang memerlukan jumlah sampel banyak dengan ukuran volume kecil. Sampel untuk corong Tulgren ini biasanya diambil dengan menggunakan bor tanah berdiameter satu inci atau 3,5 cm, tetapi dalam jumlah ulangan banyak. Corong ini dilengkapi dengan lampu yang maksudnya untuk mempercepat turunnya binatang ke dalam botol koleksi di bawah. Pemilahan selanjutnya dilakukan di bawah mikroskop.

Ket.: A. Dalam keadaan terbuka, tidak digunakan; B. Sedang berfungsi: a. Tutup; b. Saringan tempat serasah/tanah; c. Corong kaca bening; d. Botol penampung spesimen berisi alkohol 96%; e. Kipas penyedot udara panas dari badan perangkat pada saat difungsikan.

Foto: Suhardjono dkk. (2012)

Gambar 10.11 Modifikasi Corong Tulgren

7. Perangkap Umpan

Umpan yang digunakan sangat bervariasi, tergantung kepada binatang target yang diinginkan dan biasanya dikaitkan dengan jenis pakannya. Setiap kelompok berbeda umpan yang digunakan, pemangsa (predator) dan pemakan bangkai memerlukan daging atau ikan, pemakan kotoran digunakan feses manusia atau binatang, pemakan segala dapat menggunakan keju, sedangkan perombak bahan organik nabati diumpan dengan buah-buahan. Umpan yang kaya akan karbohidrat (seperti madu, potongan kue, selai kacang, larutan gula) atau protein (tuna, pakan kucing, keju, serangga hidup atau mati) akan sangat menarik kelompok semut, dan keduanya sebaiknya digunakan pada saat yang bersamaan karena masing-masing akan menarik spesies yang berbeda (Bestelmeyer dkk., 2000). Pada umumnya umpan yang digunakan sudah mengalami sedikit fermentasi atau dalam proses

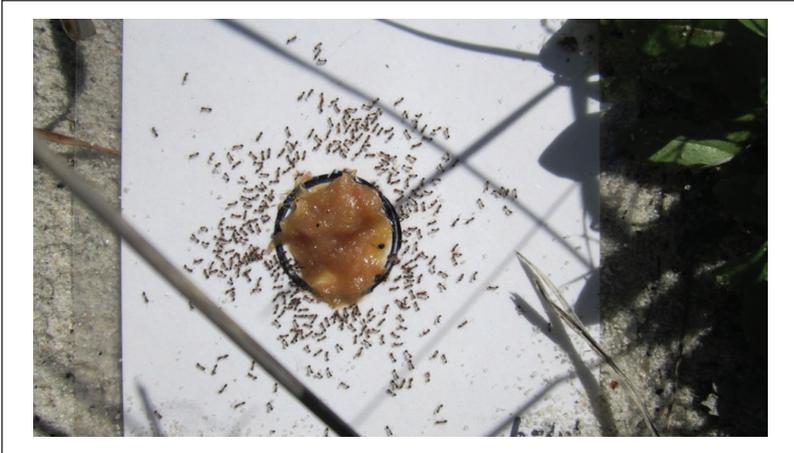
pembusukan sehingga dapat menebarkan aroma khusus yang menarik datangnya binatang target. Cara pemasangan umpan juga bervariasi dan berbeda untuk masing-masing kelompok berbeda.

a. Daging atau Ikan

Umpan yang digunakan berupa pasta, potongan kecil daging, atau ikan (1–2 cm^3) diletakkan langsung di suatu titik pengamatan, seperti pada tanah, serasah, atau bisa menggunakan suatu alas untuk membuat binatang target lebih mudah terlihat (terbuat dari kertas, kardus, plastik atau daun) dan ditinggalkan beberapa waktu (Gambar 10.12). Agar umpan tidak dibawa lari binatang lainnya, umpan dapat diikat atau dimasukkan ke dalam wadah yang berlubang-lubang atau dapat juga digunakan PSm.

Lama pemasangan perangkap umpan tergantung tujuan studi. Pemasangan selama 60–90 menit umumnya cukup untuk binatang target dapat menemukan umpan dan mulai mengambilnya, sedangkan untuk keperluan studi perilaku (dinamika dan interaksi), maka umpan diobservasi pada interval 20 menit dengan total satu atau dua jam (sesuai urutan penyimpanan umpan). Binatang target yang tertarik pada umpan untuk setiap interval waktu dikoleksi dengan pinset dan disimpan dalam botol berisi alkohol. Hal ini sangat penting dilakukan karena beberapa binatang target mungkin akan meninggalkan umpan sebelum waktu pengamatan berakhir.

Beberapa jenis kumbang akan tetap berdiam pada umpan sambil memakan sampai pakan habis, sedangkan beberapa kelompok lalat akan meletakkan telur ke dalam umpan dan beberapa hari kemudian dari telur atau pupa akan keluar bentuk dewasanya. Umpan ini harus diamati setiap hari untuk memerangkap Artropoda pemangsa atau pemakan bangkai, seperti kumbang pemangsa (carabid, dermestid, scarabaeid) dan lalat bangkai (calliphorid), sedangkan daging yang membusuk apabila terlihat ada larva atau belatungnya maka harus dipelihara lebih dahulu sampai keluar lalat dewasanya, selanjutnya diproses untuk diidentifikasi. Lalat atau serangga lain yang terperangkap dapat diawetkan kering dengan dijarum atau dimasukan ke dalam alkohol 70–95%.

Pemasangan perangkap umpan dapat dilakukan pada waktu yang berbeda di suatu lokasi (misalnya pagi & sore, musim kemarau & hujan). Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh faktor abiotik terhadap aktivitas binatang target dan interaksi antarspesies.

Sumber: Asfiya (2011)

Gambar 10.12 Umpan Tuna Dimonopoli oleh Semut

b. Kotoran atau Feses

Umpan yang digunakan berupa kotoran manusia atau binatang yang dibungkus kecil-kecil dan digantungkan pada batang kayu yang diletakkan di atas perangkap baskom atau gelas plastik sebagai penadah binatang target (Gambar 10.13 A&B). Wadah target ini diisi air sabun atau larutan detergen untuk membunuh binatang yang dicari, biasanya adalah kumbang kotoran (*dung beetle*). Perangkap ini harus diamati setiap hari atau dipasang selama 24 jam. Binatang yang terperangkap dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam botol koleksi yang sudah diisi alkohol 96% atau 70%. Umpan dan air sabun dapat diganti yang baru untuk pengulangan pemasangan, biasanya dilakukan sebanyak tiga kali. Target binatang untuk perangkap ini dengan umpan kotoran adalah kumbang kotoran (kumbang scarabid). Perangkap yang sama sebetulnya juga dapat digunakan untuk memerangkap kelompok

pemangsa dengan umpan daging atau ikan membusuk. Tentu saja binatang yang terperangkap jenisnya berbeda, contohnya kumbang pemangsa (dermestid), kaki seribu, dan lalat bangkai (calliphorid).

Ket.: A. Cara pemasangan; B. Perangkap terpasang.

Sumber: Suhardjono (2012)

Gambar 10.13 Perangkap Kumbang Kotoran

c. Keju

Umpan berupa keju dapat digunakan untuk menarik datangnya semut, kecoa, jangkrik, dan ekorpegas. Keju yang semakin berbau akan memiliki daya tarik semakin besar bagi binatang. Sebetulnya selain keju dapat juga digunakan terasi. Serupa dengan penggunaan umpan berupa daging atau ikan, potongan atau gumpalan kecil keju atau terasi diletakkan pada tempat yang agak terlindung dan lembap atau celah-celah batu dan kayu lapuk. Penggunaan umpan keju mengharuskan penelitinya menunggui umpan dalam jangka waktu tertentu dan mengoleksi binatang yang datang memakan keju. Pengumpulan binatangnya dapat dengan menggunakan aspirator atau kuas halus yang dicelupkan ke dalam alkohol terlebih dahulu, atau pinset.

d. Buah-Buahan Antara Lain Pisang

Pisang yang digunakan dapat dari jenis apa saja yang penting yang sudah kelewat matang atau sedikit mulai fermentasi/membusuk.

Pilih lokasi yang sedikit rimbun dan lembap serta dengan serasah cukup tebal. Sekiranya lokasi sudah ditentukan, letakkan pisang ditanah dan dilumatkan dengan alat atau diinjak-injak agar pisang tercampur dengan serasah serta tanah di sekitarnya. Tinggalkan dan amati setiap hari mulai hari pertama dan seterusnya sampai pisangnya habis terombak. Biasanya mulai hari ketiga umpan pisang sudah dapat terlihat banyak didatangi Artropoda. Binatang yang berukuran kecil dapat dikoleksi dengan aspirator atau kuas basah alkohol, sedangkan yang agak besar ditangkap dengan pinset. Pada tahap awal biasanya banyak terlihat lalat kulit pisang berkerumun (Drosophylidae), lalat Phoridae, dan lalat rumah (Muscidae). Setelah pisang mengalami fermentasi, ada beberapa kelompok lain yang muncul antara lain ekorpegas terutama family Paronellidae (Suhardjono dkk., 2012), kumbang perombak (Nitidulidae), dan lalat-lalat perombak lainnya. Tidak jarang kelompok pemangsa (kumbang Staphylinidae) juga dapat diperoleh karena mereka mencari mangsa serangga kecil pada bahan organik yang membusuk.

e. Urea

Urea merupakan pupuk anorganik yang sering digunakan petani untuk menyuburkan lahan pertanian. Pupuk jenis ini juga dapat digunakan sebagai umpan kelompok tertentu terutama ekorpegas (Suhardjono dkk., 2012). Taburkan urea di tanah yang lembap dengan serasah tebal dan usahakan agar dapat tercampur merata dengan tanah dan serasah. Apabila campuran serasah dan urea tadi kurang lembap, dapat diperciki air agar sedikit basah untuk mempercepat larutnya urea ke tanah. Tinggalkan umpan urea ini selama paling cepat satu minggu agar ureanya sudah bereaksi dengan tanah dan serasah. Setelah 7–8 hari akan terlihat ada beberapa Collembola, umumnya dari famili Paronellidae yang tertarik pada proses perombakan yang terjadi akibat adanya urea. Collembolan dikumpulkan dengan aspirator atau untuk memudahkannya dapat diayak lebih dulu dengan ayakan strimin dan lembar plastik. Dalam musim kering atau di daerah kering, penggunaan urea dapat lebih sukses apabila setelah selesai penaburan tanah disiram air untuk mempercepat proses pelarutannya.

Daftar Pustaka

Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. E., Brandao, C. R. F., Brown Jr, W. L., Delabie, J. H. C., & Silvesre, R. (2000). Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In Ants: D. Agosti, J. Majer, L. E. Alonso, & T. Schultz (Eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (122–144). Smithsonian Institution Press.

Gibb, T. J., & Oseto, C. Y. (2006). *Arthropod collection and identification: Field and laboratory techniques*. Academic Press.

Kühnelt, W. (1950). *Soil biology, with special reference to animal kingdom*. Faber and Faber.

Paulson, G. S. (2005). *Handbook to the construction and use of insect collection and rearing devices: A guide for teachers with suggested classroom applications*. Springers.

Suhardjono, Y. R. (1997). Perbedaan lima macam larutan yang digunakan dalam perangkap sumuran pada pengumpulan serangga tanah. *Prosiding Seminar Biologi dan Kongres Biologi Nasional*, XV, 283–288.

Suhardjono, Y. R., Deharveng, L. & Bedos, A. (2012). *Biologi, ekologi, klasifikasi Collembola (ekorpegas)*. Vegamedia.

Wallwork, J. A. (1970). *Ecology of soil animals*. Mc Graw-Hill.

Wallwork, J. A. (1976). *The distribution and diversity of soil fauna*. The Trinity Press.

BAB 11
Inventarisasi Biota Gua

Cahyo Rahmadi

Indonesia memiliki kawasan karst terluas di Asia Tenggara, yakni 142.000 km^2 dan sekitar 15%-nya masuk dalam kawasan lindung (Clements dkk., 2006). Kawasan karst ini mempunyai potensi yang sangat tinggi ditinjau dari sisi ilmu pengetahuan, baik secara fisik maupun biologi.

Kawasan karst dengan sistem perguaan yang berkembang di dalamnya menjadi habitat berbagai jenis fauna yang memiliki sifat unik dan khas. Fauna yang hidup di dalam gua pada umumnya mengalami adaptasi morfologi dan fisiologi karena fauna tersebut harus bertahan pada keadaan lingkungan gua yang khas. Beberapa jenis fauna gua diketahui memiliki sebaran yang sangat sempit atau terbatas, yang disebabkan oleh keterbatasan dalam kemampuan pergerakan untuk berpindah tempat.

Keunikan biota gua menimbulkan ketertarikan tersendiri bagi ilmuwan. Untuk mempelajari hidupan yang ada di dalam gua, ada kajian ilmu khusus tentang gua dan organisme yang dikenal dengan biospeleologi. Biospeleologi telah berkembang pesat dan cukup lama khususnya di Eropa dan Amerika (Romero, 2009; Culver & Pipan, 2009), namun di negara-negara seperti ASEAN belum mendapat perhatian yang memadai.

Di Indonesia penelitian biospeleologi masih belum banyak berkembang karena kegiatan baru sebatas inventarisasi, dan belum menyentuh topik lain seperti evolusi, perilaku, dan fisiologi. Keterbatasan informasi biospeleologi di Indonesia juga disebabkan masih minimnya minat peneliti atau akademisi untuk melakukan penelitian mendalami biospeleologi.

Dalam satu dasawarsa terakhir kegiatan penelitian biospeleologi di Indonesia mulai menggeliat bangkit, meskipun masih sebatas inventarisasi. Meskipun demikian, perkembangan penelitian biospeleologi yang terjadi cukup memberi harapan meyakinkan. Peningkatan perkembangan dapat ditunjukkan dengan banyaknya temuan jenis baru fauna dari gua-gua di Indonesia.

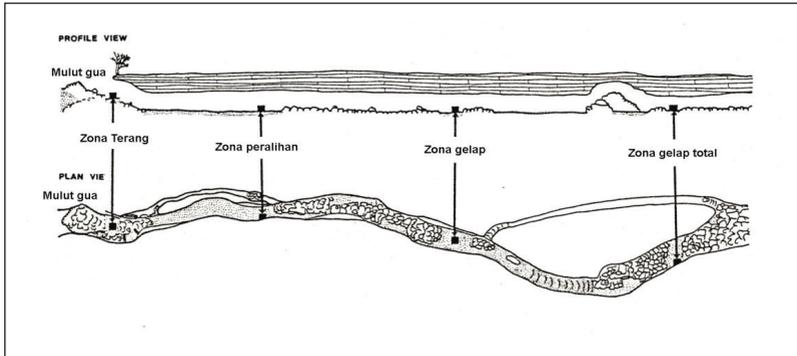
Kegiatan penelitian biospeleologi seperti inventarisasi fauna gua hendaknya semakin ditingkatkan mengingat semakin tingginya ancaman gangguan terhadap kawasan karst. Potensi ancaman yang sangat menonjol adalah semakin tingginya rencana kegiatan penambangan batugamping untuk memenuhi kebutuhan semen di Indonesia seperti yang terjadi di Jawa seperti kawasan Karst Tuban, Kendeng Utara, Banten Selatan, Sukabumi dan daerah lain. Diharapkan dengan meningkatnya kegiatan penelitian biospeleologi akan tersedia data dan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan pertimbangan pengelolaan kawasan karst di Indonesia.

Pada umumnya fauna gua memiliki sebaran terbatas, bahkan dapat dipastikan mereka berstatus sebagai biota endemik untuk gua tempat mereka ditemukan. Tingkat endemisitas yang tinggi bagi fauna gua inilah yang seharusnya menjadi pertimbangan yang khusus dalam menentukan dapat tidaknya kawasan karst dengan gua yang memiliki biota endemik ditambang. Atau dengan kata lain, kawasan karst dengan gua yang di dalamnya hidup biota endemik seharusnya dilindungi atau dikonservasi.

Dalam bab ini diungkapkan tentang lingkungan gua, hidupan yang ada di dalamnya terutama fauna, dan mengapa perlu diinventarisasi. Uraian bertujuan untuk memberikan gambaran umum tentang biospeleologi dan perkembangannya di Indonesia. Informasi tentang

bagaimana melakukan penelitian awal biospeleologi khususnya inventarisasi fauna gua terutama Artropoda dan perannya bagi pengelolaan kawasan karst di Indonesia disajikan.

A. Lingkungan Gua dan Kehidupannya

Gua merupakan satu ekosistem yang unik dengan berbagai faktor pembatas yang ada di dalamnya. Kondisi lingkungan gua bervariasi dari satu zona dengan zona lainnya. Pada prinsipnya, ada empat zona yang dikenal di beberapa gua, yaitu zona terang (mulut gua), zona peralihan (remang-remang), zona gelap, dan zona gelap total (Gambar 11.1). Masing-masing zona memiliki kondisi lingkungan yang berbeda.

Sumber: Modifikasi dari Howarth (1984)

Gambar 11.1 Profil Gua Tampak dari Samping dan Atas serta Zonasi yang Umum Ditemukan di Gua

Secara umum lingkungan gua dicirikan dengan:

1) gelap total sepanjang masa,
2) sumber energi yang rendah,
3) mikroklimat yang relatif stabil dan
4) kelembapan yang sangat tinggi.

Lingkungan seperti ini tentu saja mempunyai hidupan berbagai jenis fauna yang unik dan khas. Beberapa jenis fauna yang bertahan ini karena telah mengalami proses adaptasi dan evolusi yang panjang. Fauna gua telah mengalami proses evolusi dari tingkat fisiologi, morfologi, bahkan perilaku. Adanya proses evolusi tersebut menimbulkan bentuk-bentuk morfologi yang khas dan unik. Tipe adaptasi fauna gua dikenal dengan istilah troglomorfisme (*troglomorphism*). Diketahui ada dua bentuk troglomorfisme yaitu:

1. Adaptasi regresif (*regressive adaptation)*:

Merupakan proses adaptasi yang berakibat dengan mereduksi atau hilangnya organ-organ tertentu yang dianggap sudah tidak berfungsi lagi karena keadaan lingkungan, misalnya:

a) mata yang mengecil atau bahkan hilang sama sekali
b) hilangnya pigmen tubuh
c) hilangnya sayap di beberapa kelompok serangga

2. Adaptasi progresif (*progressive adaptation*):

Merupakan proses adaptasi yang berakibat dengan berkembangnya atau organ-organ tertentu untuk meningkatkan fungsinya akibat keadaan lingkungan, misalnya

a) antena atau tungkai yang memanjang
b) meningkatnya indra perasa seperti jumlah seta atau "rambut-rambut" halus di permukaan tubuh, trichobothria

Berdasarkan tingkat adaptasi yang dialami, fauna gua dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu:

1. Trogloksen/stigosen (*Trogloxene/stygoxene*) adalah kelompok fauna (terestrial/akuatik) yang menggunakan gua sebagai tempat tinggal sementara dan hidupnya masih tergantung pada lingkungan luar gua. Contoh: kelelawar, sriti, dan walet.

2. Troglofil/stigofil (*Troglophile/stygophile*) adalah kelompok fauna (terestrial /akuatik) yang seluruh daur hidupnya berada di dalam gua, namun jenis yang sama masih dapat ditemukan di luar gua. Contoh: Amblypygi jenis *Stygophrynus dammermani* Roewer dari beberapa gua di Jawa Barat (Rahmadi & Harvey, 2008).
3. Troglobit/stegobit (*Troglobite/stygobite*) adalah kelompok fauna (terestrial /akuatik) yang seluruh daur hidupnya berlangsung di dalam gua dan jenis-jenis yang sama sudah tidak ditemukan lagi di luar gua. Kelompok ini telah mengalami proses adaptasi dan evolusi yang cukup panjang untuk dapat hidup dan sangat bergantung pada lingkungan gua. Contoh: udang gua Cibinong (*Stenasellus javanicus*), kepiting gua Gunung Sewu (*Karstarma jacobsoni*) (Ihle, 1912), isopoda gua Gunung Sewu (*Tenebrioscia antennuata* Schultz di Gua Bribin dan *Javanoscia elongata* Schultz di Gua Semuluh (Schultz, 1985), dan banyak jenis lain dari Maros, seperti kumbang gua (*Eustra saripaensis* Deuve).

B. Inventarisasi Fauna Gua

Biospeleologi dan inventarisasi fauna gua merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam rencana pengelolaan kawasan karst. Informasi tentang kekayaan keanekaragaman hayati gua dan habitatnya, menjadi faktor utama sebagai salah satu pertimbangan pengelolaan gua. Ketersedian informasi dasar keanekaragaman hayati dalam satu kawasan karst menjadi penting ketika pemanfaatan kawasan karst semakin meningkat dan kadang-kadang sulit untu dikendalikan.

Hingga saat ini informasi dasar kekayaan fauna gua dan habitatnya masih sangat minim. Oleh karena itu, kegiatan inventarisasi atau pendataan fauna gua di setiap kawasan karst di Indonesia ini perlu segera dilakukan sebelum kegiatan pemanfaatan yang bersifat eksploitasi yang merusak semakin merajalela. Kegiatan inventarisasi dapat mencegah hilangnya atau musnahnya jenis-jenis yang belum pernah teridentifikasi akibat adanya eksploitasi karst. Selain itu, inventarisasi juga bermanfaat untuk mengeksplorasi kekayaan keanekaragaman hayati yang belum pernah terungkap oleh ilmu pengetahuan.

Kawasan karst dan gua yang ada di dalamnya merupakan salah satu gudang jenis-jenis baru fauna gua. Sudah disinggung bahwa fauna gua mempunyai sebaran sempit dan bahkan hanya terdapat dalam satu kawasan di mana dia ditemukan dan tidak ada di belahan bumi lainnya, seperti laba-laba matakecil dari Pegunungan Menoreh, *Amauropelma matakecil* (Miller & Rahmadi, 2012; Harjanto & Rahmadi, 2011).

Kegiatan inventarisasi fauna gua yang dilakukan secara berkala dalam ruang dan waktu yang berbeda pada kawasan karst tertentu dapat dimanfaatkan untuk memantau kondisi kekayaan maupun populasi jenis fauna gua yang ada. Informasi jenis dan populasi fauna gua dapat dikaitkan dengan dampak pemanfaatan satu kawasan atau gua. Perubahan kekayaan jenis dan populasi setiap jenisnya dapat dijadikan acuan untuk mengamati perubahan lingkungan yang terjadi. Hilangnya beberapa jenis dan perubahan populasi dapat diketahui sehingga berdasarkan data yang diperoleh dapat diambil langkah-langkah pengendalian untuk mengembalikan ke kondisi yang ideal.

C. Metode Inventarisasi Biota Gua

Invetarisasi atau koleksi fauna gua merupakan kegiatan yang penting, tetapi dalam pelaksanaannya perlu diperhatikan kaidah-kaidah kelestarian fauna gua itu sendiri. Kegiatan inventarisasi hendaknya dilakukan dengan alasan yang kuat dan bukan sekadar koleksi fauna gua yang tidak dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun kelestarian. Sebetulnya melakukan koleksi fauna gua telah "melanggar" kode etik penelusuran gua yaitu "*take nothing but picture*". Namun, dalam hal ini inventarisasi perlu dan harus dilakukan untuk kepentingan ilmiah. Oleh karena itu, harus dikerjakan dengan penuh tanggung jawab.

Gua merupakan lingkungan yang sangat rentan. Perubahan sedikit saja pada lingkungan gua maupun luar gua dapat mengganggu kehidupan di dalamnya dan memusnahkan berbagai jenis fauna yang unik dan khas di dalamnya --- Cave Softly ----

Dalam melakukan koleksi fauna gua harus diperhatikan kondisi fauna gua yang bersangkutan, yaitu menyangkut perihal populasi dan habitatnya. Mengingat beberapa jenis fauna khas gua hanya memiliki populasi yang sangat kecil dengan habitat yang spesifik. Oleh karena itu, sudah selayaknya jumlah contoh individu yang dikoleksi untuk keperluan lebih lanjut harus dibatasi sehingga tidak mengganggu kelangsungan keberadaan fauna tersebut. Selain itu, hasil koleksi berupa spesimen harus disimpan dan diberi informasi data selengkap mungkin. Dengan demikian, hasil inventarisasi dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk keperluan penelitian seperti taksonomi dan/atau ekologi. Koleksi spesimen fauna juga harus diidentifikasi semaksimal mungkin oleh pakar yang terkait kelompok taksonnya sehingga informasi yang diperoleh memiliki akurasi yang tinggi.

Dalam hal mengidentifikasi, diperlukan kunci identifikasi atau spesimen sebagai acuan. Namun, seandainya mendapat kesulitan dalam identifikasi maka pelaku inventarisasi, khususnya Artropoda dapat berkonsultasi dengan ahli di Bidang Zoologi Pusat Penelitian Biologi LIPI. Lembaga ini juga menyediakan tempat penyimpanan seandainya para penelusur gua tidak memiliki sarana penyimpanan spesimen yang memadai dengan menyumbangkan hasil koleksinya.

Catatan: Cara-cara inventarisasi fauna gua diadopsi dari tulisan "Arthropoda Gua" di dalam buku *Fauna Karst Maros* (Suhardjono & Ubaidillah, 2012) yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Biologi LIPI.

1. Inventarisasi Secara Umum

Inventarisasi secara umum ditujukan untuk mendapatkan informasi kekayaan keanekaragaman fauna yang paling besar dari variasi mikrohabitat yang paling banyak. Inventarisasi ini sangat dibutuhkan khususnya pada daerah-daerah kawasan karst yang belum banyak diteliti keanekaragaman faunanya. Hasil dari inventarisasi ini dapat dijadikan sebagai data dasar untuk penelitian berikutnya.

Inventarisasi fauna gua secara umum menuntut kita untuk memilih gua yang berbeda sebanyak mungkin untuk setiap sistem hidrologi yang berbeda. Di dalam gua, variasi habitat yang dikoleksi

juga diharapkan sebanyak mungkin. Dari hasil inventarisasi secara umum akan dihasilkan sebuah daftar spesies dengan catatan habitat, informasi populasi di habitat, sebaran lokal maupun regional, status suatu takson (endemik/kosmopolitan) serta status adaptasi suatu takson (troglobit/troglofil/troglosen). Informasi-informasi ini sangat penting untuk pertimbangan konservasi kawasan karst dan gua.

2. Penelitian Ekologi

Penelitian ekologi membutuhkan desain *sampling* yang lebih khusus dan tentunya sangat memengaruhi waktu, sumber daya, dan area penelitian. Pada dasarnya penelitian ekologi membutuhkan ulangan yang acak untuk menghasilkan data yang secara statistik signifikan. Hal ini dapat dicontohkan dengan beberapa ulangan pada suatu habitat dan pada suatu lokasi yang berbeda.

Penelitian ekologi biasanya dilakukan setelah kita mengetahui betul kondisi lokasi atau gua yang akan kita teliti seperti adanya habitat yang kita inginkan atau hadirnya suatu kelompok takson tertentu. Penelitian ekologi dapat dilakukan dalam perbandingan skala ruang maupun waktu.

Dalam skala ruang kita dapat melakukan perbandingan dengan gua yang berbeda maupun dengan habitat yang berbeda pada gua atau lokasi yang berbeda. Sedangkan pada skala waktu kita dapat membandingkan dengan waktu yang berbeda, seperti musim kemarau dengan musim penghujan atau pemantauan secara terus-menerus sehingga kita mendapatkan informasi seperti fluktuasi suatu populasi takson atau kecenderungan kekayaan fauna apakah menurun atau meningkat. Penelitian ekologi juga sangat penting untuk berperan dalam rangka konservasi kawasan karst serta gua

3. Standardisasi

Agar data yang kita dapatkan dapat dibandingkan, terkadang kita dituntut untuk melakukan koleksi secara standar dengan sebuah protokol yang tetap, namun masih dapat menyesuaikan kondisi di

lapangan. Standardisasi koleksi fauna gua dapat dilakukan dengan beberapa cara:

1. Standardisasi koleksi langsung: Kita mencuplik sampel dalam jeda waktu yang sama atau pada permukaan gua dengan luasan yang sama, jumlah genangan air yang sama, atau pada jumlah batu yang sama.
2. Standardisasi *pitfall trap*: Gunakan ukuran botol yang sama, pengawet yang sama, lama waktu yang sama yang bervariasi dari 1–15 hari.
3. Standardisasi ekstraksi Berlese: dengan volume yang sama, dan perlu mencatat kondisi tanah atau substrat. Mungkin ini teknik yang paling mudah untuk distandardisasi, namun tidak selalu mudah pada setiap jenis habitat.

D. Cara dan Peralatan Koleksi

Beberapa cara koleksi yang lazim digunakan untuk pengumpulan fauna gua khususnya Artropoda gua pada umumnya ditentukan berdasarkan macam habitat (Gambar 11.2). Berdasarkan tipe habitatnya, fauna gua dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Fauna Akuatik Gua

Fauna akuatik biasanya ditemukan di kolam-kolam kecil yang permanen maupun temporal dan juga di sungai-sungai bawah tanah (Gambar 11.2). Namun, untuk memperoleh fauna akuatik yang menarik dan spesifik gua, sangat disarankan untuk menghindari sungai utama. Di dalam sungai utama biasanya ditemukan lebih banyak fauna dari luar gua yang terbawa banjir masuk ke dalam gua. Oleh karena itu, dalam melakukan penelitian fauna gua sangat disarankan untuk lebih mengutamakan pengamatan pada bagian atas lorong gua yang jauh dari sungai utama karena fauna yang unik dan khas gua biasanya menghuni kolam-kolam dari air perkolasi yang berasal dari air rembesan dari celah-rekahan di gua.

Foto: A.B. Rodhial Falah (2007)

Gambar 11.2 Koleksi Artropoda Akuatik di Kolam Permanen maupun Temporal di Dalam Gua

2. Fauna Terestrial Gua

Berbeda dengan fauna akuatik, fauna terestrial adalah kelompok fauna yang banyak ditemukan hidup di lantai gua, dinding gua maupun langit-langit gua. Selain itu, beberapa fauna juga terkadang hidup di bawah bongkahan batu, kayu lapuk, atau di serasah yang terbawa banjir. Sehingga untuk mengkoleksi fauna terestrial, selain harus mengamati lantai gua juga mengamati dinding dan langit-langit gua.

3. Koleksi Langsung

Koleksi dapat dilakukan langsung dengan tangan, kuas, atau pinset (Gambar 11.3). Fauna yang berukuran mini disarankan ditangkap dengan menggunakan kuas untuk menghidari kerusakan morfologi yang diperlukan dalam identifikasi selanjutnya. Sedangkan pinset

digunakan untuk Artropoda yang berukuran sedang maupun besar. Beberapa Artropoda dapat langsung ditangkap dengan tangan jika kita sudah mengenal betul fauna tersebut seperti tidak beracun dan tidak berbahaya jika mengigit.

Foto: A.B. Rodhial Falah (2007)

Gambar 11.3 Pengambilan contoh biota gua secara langsung menggunakan pinset, kuas, dan botol koleksi.

Dalam penangkapan langsung dengan tangan kadang diperlukan sarung tangan untuk menghindari bisa dari gigitan atau sengatannya. Artropoda yang dikoleksi dimasukkan ke dalam botol koleksi yang berisi alkohol sebagai pengawet. Koleksi secara langsung lebih efektif untuk Artropoda yang mempunyai populasi yang kecil, hidup di relung yang sulit dijangkau, dan sangat jarang dapat terkoleksi dengan perangkap sumuran atau contoh tanah.

Koleksi langsung sangat bermanfaat untuk mengungkapkan kekayaan Artropoda di dalam gua dan menambah keanekaragaman hasil koleksi dari perangkap sumuran dan contoh tanah. Karena

beberapa kelompok troglobit terkadang tidak dapat terkoleksi dengan perangkap sumuran atau contoh tanah, dan hanya dapat terkoleksi secara langsung.

Perlu diingat: jangan mengambil contoh fauna gua secara berlebihan!

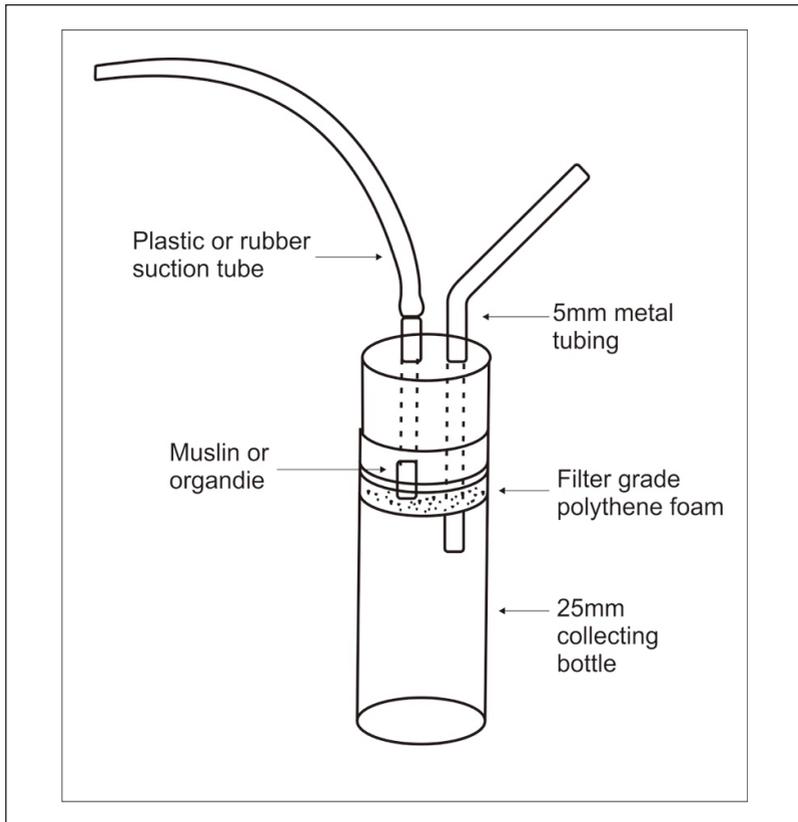
Peralatan yang diperlukan:

1) Pinset dengan berbagai ukuran,
2) Kuas kecil,
3) Jaring kecil,
4) Sendok kecil,
5) Botol koleksi/vial atau kantong plastik,
6) Alkohol 70–98% tergantung kebutuhan,
7) Kertas label,
8) Tas pinggang atau tas koleksi yang mudah dijangkau,
9) Kaca pembesar,

Aspirator

Aspirator digunakan untuk mengkoleksi Artropoda yang berukuran sangat kecil dan sulit dikoleksi dengan pinset maupun kuas. Alat ini terbuat dari tabung/botol plastik atau gelas dengan dua batang pipa yang terpasang pada sumbat karet (Gambar 11.4). Salah satu pipa ujungnya disambung dengan slang dari karet/plastik yang digunakan untuk menghisap dan ujung satunya yang berada dalam botol ditutup dengan saringan halus untuk mencegah masuknya binatang ke dalam mulut ketika menghisap binatangnya. Pipa satunya digunakan untuk mengarah dan mengkoleksi Artropoda.

Sangat disarankan tidak menggunakan aspirator di dalam gua-gua yang berguano karena berbahaya sekali. Di dalam guano terdapat banyak bakteri maupun spora-spora yang dapat menimbulkan penyakit seperti spora *Histoplasmo capsulatum* yang menyebabkan penyakit histoplasmosis dengan gejala seperti penyakit TBC. Aspirator yang menggunakan tenaga hisap dengan motor lebih layak digunakan di guano.

Perlu diingat: jangan menggunakan aspirator di dalam lorong gua yang berguano!

Sumber: Upton (1990)

Gambar 11.4 Tabung Pengisap (Aspirator)

4. Perangkap Sumuran

Metode ini sangat umum di gunakan untuk penelitian fauna permukaan tanah, tetapi juga dapat untuk mempelajari ekologi fauna gua dengan membandingkan antargua atau antarzona dalam satu gua. Perangkap sumuran hanya dapat menangkap fauna gua yang aktif di

permukaan lantai gua/tanah. Sebagai alat perangkapnya dapat digunakan berbagai tipe botol dari yang ukuran diameter kecil sampai yang besar tergantung fauna yang dituju. Botol berdiameter kecil digunakan untuk mengumpulkan fauna yang berukuran kecil seperti Collembola dan Coleoptera. Namun, yang lazim digunakan adalah botol plastik dengan diameter atas 7 cm, diameter bawah 5 cm dan tinggi 15 cm.

Botol ditanam di lantai gua dengan permukaan botol yang rata dengan permukaan tanah, kemudian diisi alkohol 70% atau 96% sebanyak sepertiga bagian gelas dan ditambah tiga tetes gliserin ditanam sedikitnya tiga kali 24 jam. Agar lebih efektif untuk memperoleh fauna gua dari semua bagian dalam gua, perangkap sumuran diletakkan di dekat dinding gua. Selain aman gangguan orang yang mengunjungi gua, cara ini sekaligus dapat memperoleh beberapa fauna yang aktif di dinding gua yang terkadang turun ke lantai gua. Di dalam setiap gua dapat dipasang beberapa perangkap sumuran tergantung tujuan penelitian, tetapi biasanya pada setiap zona dapat dipasang 5 perangkap atau lebih, tergantung pada kondisi guanya.

Selain perangkap sumuran dengan alkohol untuk koleksi fauna yang mati, dapat juga perangkap sumuran menggunakan umpan, yakni botol yang ditanam di lantai gua. Botol tersebut tidak diisi alkohol melainkan diisi umpan, bisa berupa keju atau makanan yang mempunyai bau menyengat. Untuk perangkap jenis ini, harus diperiksa dalam jangka waktu yang pendek yakni tidak lebih dari 24 jam.

Perlu diingat: jangan pernah meninggalkan perangkap sumuran di dalam gua untuk selamanya.

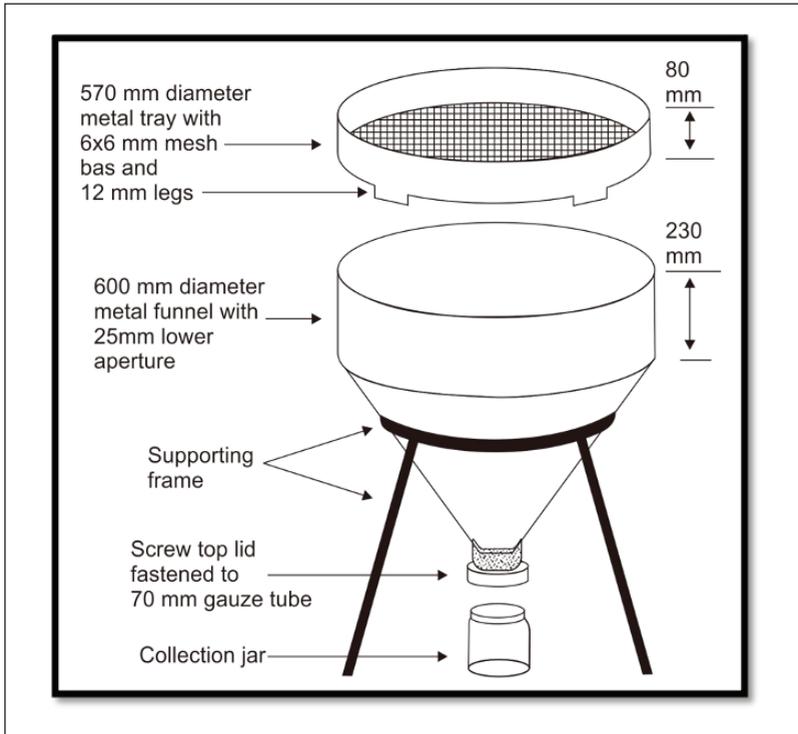
Peralatan yang diperlukan:

1) Botol dengan berbagai ukuran tergantung kebutuhan,
2) Alkohol 70–98% atau umpan berupa keju atau bahan makanan lain,
3) Cetok untuk menggali,
4) Kantong plastik,
5) Kertas label dan alat tulis tahan basah, contoh: pensil.

5) Pengambilan Contoh Tanah dan/atau Guano

Pengambilan contoh tanah, serasah dan guano dari dalam gua dimaksudkan untuk mempelajari fauna yang hidupnya di dalam tanah, serasah, atau guano. Contoh tanah dan guano diambil dengan sendok tanah sebanyak 1–2 liter kemudian dimasukkan ke dalam kantong belacu/kantong plastik.

Kedalaman pengambilan contoh tanah bervariasi tergantung penelitian, namun umumnya dengan kedalaman 5–10 cm, sedangkan guano yang dikumpulkan adalah guano yang sudah mengalami proses perombakan/fermentasi. Disarankan agar contoh tanah sesegera mungkin diproses di dalam corong Berlese. Selama pengangkutan harus dihindarkan dari panas terik matahari dan panas mesin mobil secara langsung, bahan kimia (seperti alkohol), kehujanan, atau tertumpuk dengan barang-barang berat lainnya.

Perlu diingat: jangan letakkan contoh tanah atau guano di bawah terik matahari, panas mesin dan kehujanan.

Sumber: Upton (1992)

Gambar 11.5 Skema Corong Berlese

a) Corong Berlese

Artropoda dipisahkan dari contoh tanah dan/atau guano dengan menggunakan modifikasi corong Berlese (Gambar 11.5). Modifikasi corong ini dilakukan berdasarkan kebutuhan dan lokasi. Pada prinsipnya ada dua macam, yaitu yang menggunakan pemanas berupa lampu listrik dan tanpa pemanas.

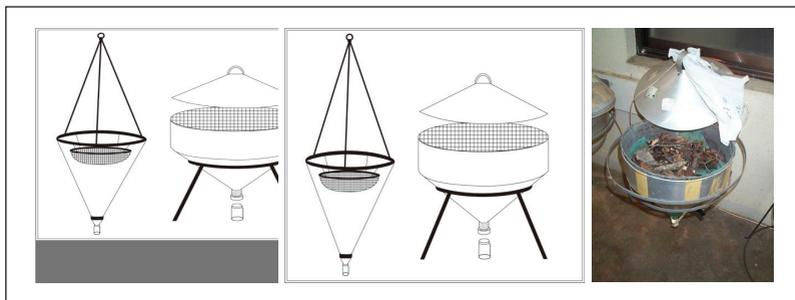



Foto: C. Rahmadi (2004)

Gambar 11.6 Modifikasi Corong Berlese untuk Keperluan di Lapangan dan Corong Berlese dari Aluminium yang Digunakan di Laboratorium

Corong Berlese yang menggunakan pemanas terbuat dari logam dilengkapi dengan tutup yang diberi lampu 15 watt, sedangkan yang tanpa pemanas corongnya terbuat dari plastik (Gambar 11.4, Gambar 11.6). Pemanas hanya membantu mempercepat proses turunnya binatang dari saringan ke dalam botol penampung. Contoh tanah diletakkan di atas saringan dan dibiarkan selama 4 hari sampai satu minggu sampai contoh guano/tanah menjadi kering. Lamanya contoh tanah/guano dalam corong Berlese tergantung pada tingkat kelembapan.

Corong Berlese dibuat didasarkan pada perilaku fauna tanah yang akan masuk ke bagian yang lebih dalam apabila terjadi peningkatan suhu di permukaan tanah. Artropoda tanah masuk ke bagian dalam dan lolos dari saringan yang akhirnya jatuh dan masuk ke dalam botol penampung yang terpasang di bagian ujung corong. Botol penampung berisi alkohol 70–5%.

Selama corong sedang terisi contoh tanah/guano, hindarkan dari adanya goyangan atau goncangan pada corong untuk menghindari rontoknya tanah/guano ke dalam botol penampung. Banyaknya rontokan guano akan mempersulit pemilahan selanjutnya. Akan sangat baik apabila di atas corong diberi kain penutup agar tidak terkontaminasi serangga terbang. Usahakan penempatan corong pada tempat yang terlindungi dari hujan dan gangguan lainnya.

Daftar Pustaka

Clements, R., Sodhi, N. S., Schilthuizen, M., & Ng, P. K. L. (2006).Limestone karst of Southeast Asia: imperiled arks of biodiversity. *Bioscience* 56(9), 733–741. https://www.researchgate.net/publication/340223146_Limestone_Karsts_of_Southeast_Asia_Imperiled_Arks_of_Biodiversity.

Culver, David & Pipan, Tanja. (2009). *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press.

Harjanto, S., & Rahmadi, C. (2011). Keanekaragaman fauna dan kondisi klimat di Gua Anjani, kawasan karst Menoreh: sebuah catatan awal. *Fauna ide*, *10*(2), 32–38. http://lipi.go.id/publikasi/keanekaragaman-fauna-dan-kondisi-klimat-di-gua-anjani-kawasan-karst-menoreh-sebuah-catatan-awal-/4722.

Ihle, J. E. W. (1912). Ueber eine kleine Brachyuren-Sammlung aus unterirdischen flussen von Java. *Notes Leyden Mus. 34,* 177–183. https://repository.naturalis.nl/pub/509279.

Magniez, G.J., & Rahmadi, C., (2006). A New species of the genus *Stenasellus* (Crustacea, Isopoda, Asellota, Stenasellidae. *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon.*, *75*(4), 173. https://www.researchgate.net/publication/281061850_A_New_species_of_the_genus_Stenasellus_Crustacea_Isopoda_Asellota_Stenasellidae.

Miller, J., & Rahmadi, C., (2012). A troglomorphic spider from Java (Araneae, Ctenidae, Amauropelma). *ZooKeys*, *163*, p.1.

Rahmadi, C. & Harvey, M.S., (2008). A first epigean species of *Stygophrynus kraepelin* (Amblypygi: Charontidae) from Java and adjacent islands, Indonesia with notes on *S. dammermani* Roewer, 1928. *Raffles Bulletin of Zoology*, *56*(2), 281–288. http://lipi.go.id/publikasi/a-first-epigean-species-of-stygophrynus-kraepelin-amblypygi-charontidae-from-java-and-adjacent-islands-indonesia-with-notes-on-s-dammermani-roewer-1928/5031.

Romero, Aldemaro. (2009). *Cave biology: life in darkness*. Cambridge University Press.

Schultz, G. (1985). Three terrestrial isopod crustaceans from Java, Indonesia (Oniscoidea: Philosciidae). *Journal of Natural History*, *19*(2), 215–223. https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00222938500770161.

Suhardjono, Y. R. dan Ubaidillah, R. U. (eds.). (2012). *Fauna Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan*. LIPI Press.

BAB 12
Inventarisasi Serangga

Hari Nugroho

Sejak zaman dahulu, koleksi dan pengawetan serangga sudah banyak dilakukan orang dengan tujuan yang berbeda-beda, mulai dari keperluan ilmiah sampai dengan hobi. Serangga merupakan fauna yang mempunyai aspek sejarah kehidupan yang sangat menarik dan sejak lama dikenal sebagai indikator perubahan/pencemaran lingkungan (Paulson, 2005; Gibb & Oseto, 2006). Serangga (*Insecta*) merupakan kelas terbesar dari artropoda yang memiliki banyak bangsa atau ordo di dalamnya. Beberapa kelompok di antaranya hidup pada habitat yang spesifik dan rentan terhadap perubahan lingkungan.

Indonesia memiliki keanekaragaman serangga sebanyak 151.847 jenis (15% dari keanekaragaman jenis serangga di dunia), yang termasuk ke dalam 30 bangsa (Widjaja dkk., 2014). Masih banyak jenis-jenis yang belum dikenal nama dan potensinya. Oleh karena itu, kegiatan inventarisasi serangga Indonesia masih diperlukan agar dapat mendayagunakan dengan baik sekaligus melakukan upaya konservasinya.

Pemahaman dan pengetahuan dasar tentang aspek bio-ekologi serangga sangat kita butuhkan pada saat kita akan melakukan koleksi serangga. Untuk dapat menemukan dan kemudian melakukan koleksi,

kita harus dapat memahami mengapa dan di mana serangga hidup. Selain itu dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman dalam menggunakan peralatan teknis yang tepat dan sesuai dengan keperluan penelitian agar hasil yang diperoleh sesuai dengan upaya kita. Semakin lengkap data yang kita peroleh, akan semakin mudah bagi kita untuk menyelesaikan atau menjawab permasalahan yang ada; sebaliknya data yang kurang lengkap dan parsial akan dapat membawa kita dalam pengambilan kesimpulan yang salah.

Inventarisasi serangga merupakan kegiatan untuk mendapatkan data dasar bio-ekologi, minimal data keanekaragaman jenis, pada suatu habitat/ekosistem tertentu. Kegiatan inventarisasi kemudian dapat dilanjutkan dengan kegiatan pemantauan atau monitoring komunitas serangga untuk mengetahui kecenderungan perubahan komunitas serangga dalam hubungan dengan lingkungan tempat hidupnya. Pembuatan standar minimal bagi kegiatan inventarisasi serangga ini sangat penting dilakukan sehingga data-data yang diperoleh akan dapat memenuhi standar minimal yang bisa digunakan oleh banyak pihak dan dapat diperbandingkan dengan seri data lainnya untuk keperluan pemantauan lingkungan di kawasan karst.

Dalam melakukan koleksi serangga, ada empat tahapan penting yang harus diperhatikan, karena hal tersebut akan menentukan kualitas spesimen. Tahapan-tahapan ini sangat penting untuk diperhatikan agar setidaknya spesimen mempunyai standar minimal sebagai spesimen ilmiah yang dapat dipergunakan sebagai bahan penelitian oleh komunitas ilmiah. Empat tahapan tersebut adalah: (1) Koleksi di lapangan; (2) Penyimpanan sementara atau penyelamatan spesimen selama di lapangan; (3) Pengepakan/pengemasan spesimen untuk transportasi dari lokasi sampai ke laboratorium; dan (4) Proses pengawetan spesimen di laboratorium.

Dalam bab ini diungkapkan cara melakukan koleksi dan inventarisasi serangga secara umum di kawasan eksokarst, yang meliputi berbagai kelompok takson (seperti kumbang, tawon, lebah, belalang, jangkrik, kepik, dan lalat). Beberapa takson seperti artropoda tanah dan artropoda gua sudah diungkapkan pada Bab 10 dan 11, sedangkan

kupu-kupu (Lepidoptera) dan capung (Odonata) dibahas dalam bab tersendiri (Bab 13). Kelompok-kelompok takson tersebut dipisahkan dalam bab khusus karena memerlukan metode yang spesifik dalam koleksinya.

Metode dan peralatan yang dibahas dalam bab ini sudah sangat umum digunakan dalam kegiatan koleksi serangga untuk berbagai macam keperluan, dan dapat dengan mudah digunakan oleh para peneliti profesional, mahasiswa, maupun orang awam, khususnya di kawasan karst. Pengenalan peralatan dan metode koleksi serangga yang sudah umum digunakan mengawali uraian bab ini. Proses pengepakan atau pembungkusan spesimen untuk transportasi dari lapangan menuju laboratorium secara garis besar juga diungkapkan. Kemudian dilanjutkan dengan pembahasan tentang pengawetan dan penyimpanan koleksi, serta proses identifikasi spesimen serangga.

A. Metode Koleksi

Cara koleksi serangga seringkali dibedakan menjadi dua kategori, yaitu: (1) Koleksi aktif, yaitu kolektor secara aktif mencari dan menangkap serangga dengan menggunakan alat tangkap serangga; dan (2) Koleksi pasif, yaitu kolektor memasang alat perangkap dan kemudian mengumpulkan serangga yang terperangkap; atau kolektor mengambil substrat/media tempat hidup serangga, kemudian melakukan ekstraksi dengan menggunakan alat tertentu. Kedua cara tersebut dapat digunakan secara bersamaan untuk mendapatkan spesimen sebanyak mungkin dalam waktu yang singkat.

Dengan menggunakan perangkap serangga yang merupakan cara koleksi pasif ini, diharapkan serangga akan terjebak atau tertarik pada umpan dan masuk ke dalam perangkap. Secara umum prinsip kerja perangkap terbagi menjadi dua, yaitu:

1) Memotong (*intercepting*) jalur perlintasan serangga.

   Pemasangan perangkap dilakukan di daerah yang diperkirakan merupakan tempat perlintasan serangga sehingga serangga terjebak ke dalam perangkap. Sebagai contohnya adalah perangkap Malaise (*Malaise trap*; Gambar 12.7 dan 12.8a) dan perangkap

sumuran (lihat Bab 10 dan 11). Perangkap Malaise digunakan untuk menangkap serangga terbang, seperti Hymenoptera, Coleoptera, dan Diptera. Perangkap Malaise ini dapat dipasang di atas permukaan tanah dan/atau tajuk pohon, tergantung pada tujuan dari kegiatan penelitian yang dilakukan. Tentu saja perbedaan tempat pemasangan akan menghasilkan keanekaragaman serangga yang berbeda.

2) Menarik (*attracting*) kehadiran serangga.

   Untuk menarik kehadiran serangga maka perangkap dilengkapi dengan pemberian umpan di dalamnya, warna tertentu dari perangkap, ataupun cahaya (contoh: perangkap umpan, perangkap nampan, perangkap lampu). Umpan yang digunakan biasanya tergantung pada serangga yang menjadi target. Perangkap umpan *aerial* (Gambar 12.6) digunakan untuk menangkap serangga yang terbang seperti kupu-kupu, lalat buah, dan tawon. Serangga yang datang tertarik masuk ke dalam perangkap tergantung pada macam umpan yang dipasang.

Apapun tujuannya, hasil koleksi serangga yang diperoleh harus dilengkapi dengan data/informasi tertentu sehingga koleksi serangga tersebut mempunyai nilai ilmiah. Informasi minimum yang harus menyertai spesimen adalah: tanggal, lokasi, dan nama kolektor. Pengumpulan data pendukung yang berhubungan dengan kehidupan serangga (seperti jenis inang, daun yang rusak, kayu dan feses) seringkali dapat memberikan informasi tambahan yang berguna (Gibb & Oseto, 2006). Spesimen serangga dikatakan memenuhi persyaratan ilmiah jika berada dalam kondisi yang utuh sehingga karakter morfologi yang diperlukan untuk pengamatan dan penelitian berada dalam kondisi yang baik dan lengkap (Ubaidillah, 1999).

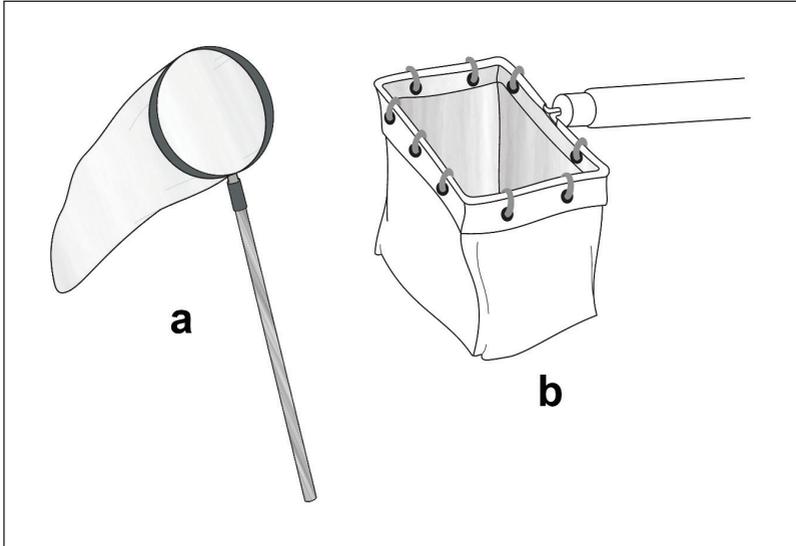
Peralatan dasar untuk koleksi serangga biasanya dapat diperoleh dengan mudah di toko-toko umum, tetapi ada beberapa peralatan khusus yang hanya dapat dibeli di penyedia (*supplier*) peralatan biologi/kedokteran dan/atau pertanian. Jenis peralatan yang digunakan sangat tergantung pada kelompok serangga yang akan dikoleksi.

Dengan bertambahnya pengalaman dalam melakukan koleksi serangga, maka akan dapat dipilih macam peralatan koleksi yang sesuai dengan kelompok serangga sasaran koleksi. Untuk banyak hal, alat dapat dibuat sendiri atau melakukan modifikasi peralatan yang ada agar lebih sesuai dengan keperluan.

1. Peralatan untuk Koleksi

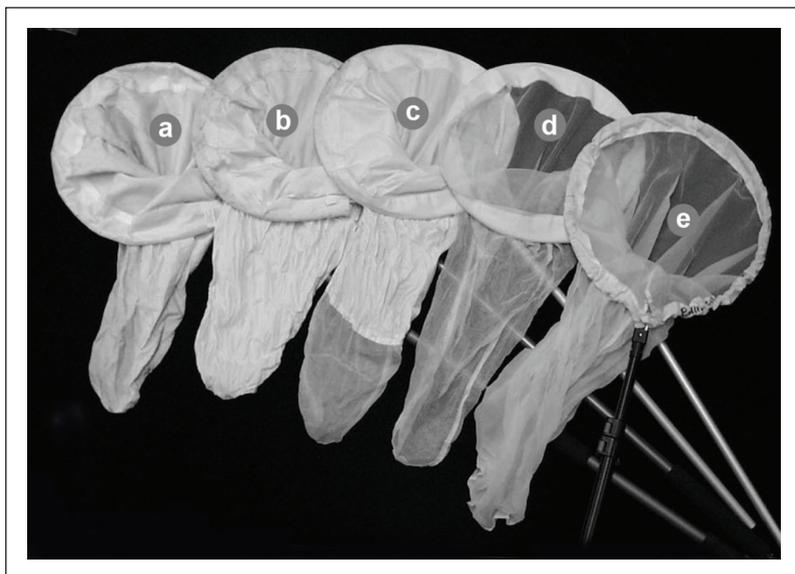
Peralatan untuk melakukan koleksi meliputi alat tangkap dan mematikan spesimen yang tertangkap. Seringkali beberapa jenis alat koleksi digunakan secara bersamaan untuk memperoleh hasil terbaik (contoh: penggunaan jaring sapu dan *aspirator* untuk menangkap tawon parasitoid). Peralatan dasar yang diperlukan untuk melakukan inventarisasi serangga adalah sebagai berikut:

1. Jaring serangga	6. Perangkap serangga
2. Pinset	7. Botol pembunuh (*killing bottle*)
3. Aspirator	8. Peralatan memotong dan menggali
4. Kuas	9. Sarung tangan
5. Bor tanah dan ayakan serasah-tanah	10. Kaca pembesar (loupe/*hand lens*)

Jaring serangga (Gambar 12.1 dan Gambar 12.2) mungkin merupakan peralatan yang paling umum digunakan dan dikenal luas dalam koleksi serangga, dan dibedakan dalam tiga jenis: (a) Jaring tangkap (*aerial*), digunakan untuk menangkap serangga terbang (Gambar 12.1 a); (b) Jaring sapu (*sweeping*), mirip seperti jaring tangkap, digunakan untuk menyapu semak atau vegetasi yang lebat (Gambar 12.2); (c) Jaring akuatik, digunakan untuk menangkap serangga akuatik (Gambar 12.1b dan 12.5a). Penjelasan tentang bor tanah (*Soil Core Sampler*) dan ayakan serasah-tanah dapat dilihat pada Bab 10.

Ket.: (a) Jaring tangkap; (b) Jaring akuatik

Sumber: Modifikasi dari Gibb & Oseto (2006)

Gambar 12.1 Dua Jenis Jaring Serangga

Beberapa peralatan pendukung sangat diperlukan ketika kita melakukan koleksi serangga sehingga pekerjaan koleksi menjadi lebih lancar dan dapat menghasilkan spesimen yang diharapkan. Pisau, gunting, ataupun alat pemotong lain diperlukan untuk memotong atau mencongkel tangkai dan batang pohon maupun kayu lapuk, serta pinset atau alat untuk menjepit serangga yang menyengat atau menggigit. Kaca pembesar (*hand lens*) yang dapat dilipat digunakan untuk membantu melihat spesimen serangga yang berukuran kecil.

Ket.: (a) Jaring sapu ekstra-kuat (*extra heavy-duty*); (b) Jaring sapu kuat (*heavy-duty*); (c) Jaring sapu ringan (*light-duty*); (d) Jaring tangkap standar (*standard net*); dan (e) Jaring tangkap dengan jala halus (*extra fine mesh*).

Sumber: Paulson (2005)

Gambar 12.2 Jenis Jaring Sapu Serangga

2. Peralatan untuk Menyimpan Hasil Koleksi

Alat yang dimaksudkan di sini adalah alat penyimpanan sementara sebelum dipindahkan ke dalam penyimpanan permanen di ruang koleksi, seperti yang disebutkan di bawah ini:

1. Botol koleksi (*vial*)	4. Kotak serangga (*insect box*)
2. Kertas papilot (amplop serangga)	5. Kotak plastik kedap udara
3. Kantong kain/belacu	6. Kantong plastik

Botol koleksi sementara untuk penggunaan di lapangan sebaiknya tidak terbuat dari kaca, untuk mencegah kemungkinan pecah (Gambar 12.3e). Sebaiknya menggunakan botol anti-bocor dan dilengkapi tutup ulir. Kantong plastik yang diisi dengan alkohol dapat juga digunakan sebagai penyimpanan sementara untuk spesimen dalam jumlah banyak atau berukuran besar.

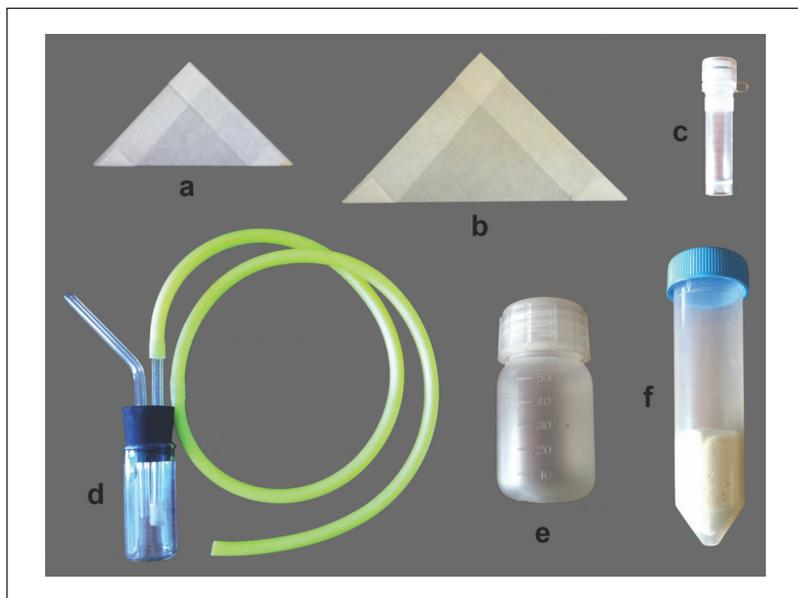
Kertas papilot berbentuk sampul segitiga (Gambar 12.3a dan Gambar 12.3b) atau amplop segi empat digunakan sebagai pembungkus sementara sebelum proses pengawetan lebih lanjut, dan terbuat dari bahan kertas dengan permukaan yang halus dan menyerap cairan.

Ket.: (a) dan (b) Kertas papilot; (c) dan (e) Botol koleksi; (d) Aspirator; (f) Botol pembunuh (*killing bottle*)

Foto: Nugroho (2017)

Gambar 12.3 Beberapa Peralatan Koleksi Serangga

Kotak penyimpanan merupakan tempat penyimpanan sementara sebelum spesimen mengalami proses lebih lanjut, dan dapat terbuat dari kayu ringan, karton, maupun plastik (Gambar 12.13). Sebaiknya

kotak mempunyai penutup yang rapat (dapat juga ditambahkan kapur barus atau *napthalene*), untuk menghindari masuknya semut dan serangga lain yang dapat merusak spesimen.

B. Metode Inventarisasi Serangga

Serangga mempunyai ukuran yang relatif kecil dan mempunyai kapasitas perkembangbiakan yang luar biasa sehingga kajian-kajian bio-ekologi dapat dilakukan dalam waktu yang singkat dan dalam area yang lebih kecil, jika dibandingkan dengan kajian menggunakan fauna yang lebih besar; namun di sisi lain banyak jenis serangga menunjukkan fluktuasi kemelimpahan yang bervariasi dari tahun ke tahun sehingga dapat mengaburkan kecenderungan perkiraan kemelimpahan dalam jangka panjang (Paulson, 2005; Ausden & Drake, 2006). Inventarisasi yang dilakukan sedapat mungkin harus bisa mencakup keseluruhan tipe habitat atau mikro-habitat, untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh.

Berbagai macam metode dapat digunakan untuk melakukan inventarisasi serangga. Setiap metode mempunyai kelebihan dalam menarik/menangkap serangga jenis tertentu. Kombinasi beberapa metode seringkali diperlukan untuk dapat memperoleh hasil yang respresentatif. Berikut di bawah ini adalah beberapa contoh metode koleksi/inventarisasi serangga yang sangat umum digunakan di berbagai macam tipe habitat.

1. Koleksi Langsung

a) Serangga Terestrial

Dilakukan secara aktif menangkap serangga menggunakan tangan atau alat penangkap: jaring serangga, pinset, kuas, aspirator, dan lain-lain. Kolektor melakukan koleksi di semua tipe habitat/mikro-habitat untuk memperoleh hasil jumlah jenis yang optimal. Dalam melakukan metode koleksi langsung ini perlu dilakukan standardisasi untuk bisa memperoleh estimasi populasi relatif (contoh: jumlah serangga per unit tertentu); bisa juga dilakukan penghitungan populasi dengan bantuan garis transek.

Cara koleksi ini sangat efektif untuk mengumpulkan serangga yang aktif pada siang hari (*diurnal*) dan mudah terlihat, seperti kupu-kupu, tawon, capung, kumbang, dan kelompok serangga lain. Untuk beberapa kelompok serangga, koleksi langsung seringkali lebih efektif jika dibandingkan dengan menggunakan perangkap karena kita secara selektif dapat langsung memilih lokasi yang diperkirakan banyak terdapat serangga target (Gambar 12.4).

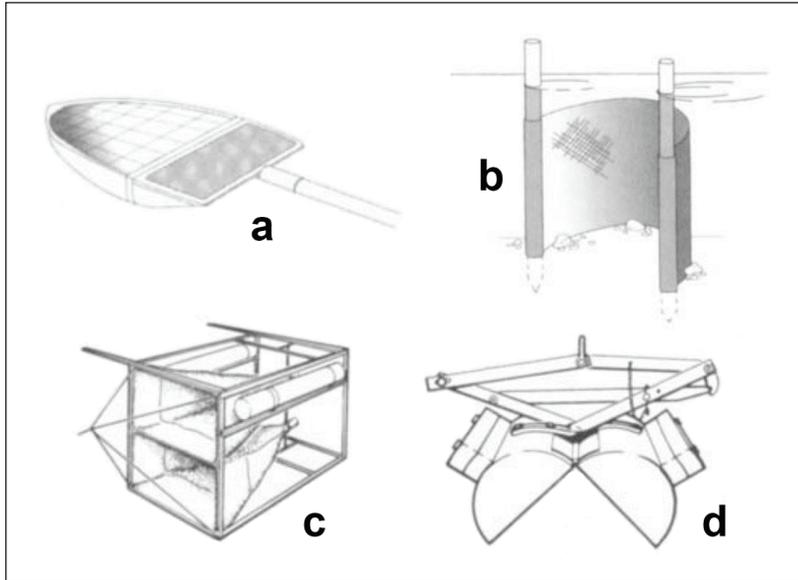
Ket.: (a) Penggunaan jaring serangga; (b) Penggunaan jaring serangga dan aspirator secara bersama-sama untuk koleksi tawon parasitoid.

Foto: Darmawan (2010)

Gambar 12.4 Metode Koleksi Langsung

Metode koleksi langsung ini juga lebih efektif diterapkan untuk serangga yang mudah terlihat, aktif, dan berukuran relatif besar. Serangga berukuran kecil dan/atau berwarna samar seringkali tidak tertangkap dengan metode ini (Ausden & Drake, 2006). Jika kita menggunakan metode ini untuk melakukan pemantauan, seringkali serangga yang sangat aktif dan dapat terbang cepat akan susah tertangkap, dan aktivitas dalam mencari spesimen akan mengganggu serta membuat serangga yang aktif akan terbang/menghilang. Kedua hal tersebut akan menyebabkan terjadinya bias dan *under-estimate* dalam hasil pemantauan.

b) Serangga Air

Koleksi langsung dapat digunakan untuk banyak jenis serangga air/akuatik, dan bisa dilakukan di bawah batu, di antara tanaman/tum-

Ket.: (a) *Aquatic dip net*; (b) *Kick screen*; (c) Perangkap tarik (*Tow trap*); (d) Keruk lumpur (*Dredge*).

Sumber: Gibb & Oseto (2006)

Gambar 12.5 Alat Koleksi untuk Serangga Air/Akuatik

buhan air, di antara cabang dan akar tumbuhan yang terdapat di tepi perairan, ataupun dengan pengambilan endapan/sedimen lumpur di dasar perairan. Koleksi serangga air secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan jaring akuatik (Gambar 12.1b dan 12.5a), *kick screen* (Gambar 12.5b) dan perangkap tarik (*tow trap*, Gambar 12.5c).

Serangga air, seperti kumbang (Coleoptera), anggang-anggang (Hemiptera; Gerridae), Hemiptera akuatik, larva nyamuk (Diptera), larva lalat sehari (Ephemeroptera), larva Plecoptera, larva Odonata, dan larva Trichoptera dapat dikoleksi secara langsung dengan menggunakan alat tersebut.

2. Perangkap Sumuran (*Pitfall Trap*)

Perangkap ini dapat menghasilkan tangkapan berbagai variasi jenis Artropoda dan juga menghasilkan spesimen dalam jumlah banyak;

data yang dihasilkan adalah data kemelimpahan dan komposisi jenis; perangkap sumuran akan sangat efektif jika dikombinasikan dengan metode lain (Bestelmeyer dkk., 2000; Ausden & Drake, 2006). Penjelasan terperinci tentang perangkap sumuran dan cara penggunaannya dapat dilihat pada Bab 10.

3. Perangkap Umpan (*Baiting Trap*)

Perangkap umpan digunakan untuk menangkap serangga kelompok tertentu yang tertarik pada umpan yang sesuai dengan jenis makanannya. Dengan menggunakan perangkap umpan ini, hanya akan diperoleh koleksi kelompok serangga tertentu, sesuai umpannya. Penggunaan perangkap umpan biasanya sangat spesifik untuk penelitian/kajian kelompok serangga tertentu. Umpan buah pisang ditujukan untuk menangkap kupu-kupu, sedangkan *methyl eugenol* digunakan untuk lalat buah Tephritidae (Gambar 12.6). Daun nangka segar yang diikatkan pada pepohonan di hutan mampu menarik kumbang sungut panjang (Cerambycidae).

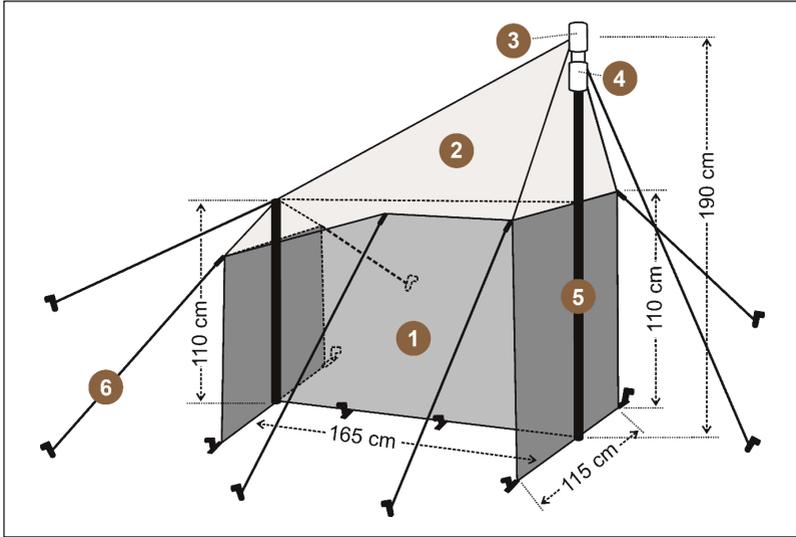
Ket.: (a) Perangkap umpan *aerial* dengan umpan buah pisang, untuk menangkap kupu-kupu; (b) Perangkap umpan *aerial* dengan umpan bahan kimia *methyl eugenol* untuk menangkap lalat buah Tephritidae; pemasangan pada ketinggian 2 m.

Foto: O. Efendy (2010)

Gambar 12.6 Contoh Perangkap Umpan

4. Perangkap Malaise (*Malaise trap*)

Perangkap ini digunakan untuk menangkap serangga terbang seperti lebah, tawon, lalat, dan beberapa kelompok kumbang dan Hemiptera. Perangkap Malaise berbentuk seperti tenda (Gambar 12.7 dan 12.8) yang terbuat dari kain jaring lembut, yang terdiri jaring pembatas vertikal di bagian tengah, dua jaring tepi (tegak lurus terhadap jaring tengah) dan kanopi dengan posisi miring, yang berujung pada botol penampung/koleksi (Paulson, 2005; Gibb & Oseto, 2006; Ausden & Drake, 2006). Prinsip kerja dari perangkap Malaise adalah serangga terbang akan menabrak bagian vertikal perangkap dan kemudian akan

berjalan atau terbang ke arah atas sepanjang atap/kanopi perangkap, dan kemudian akan masuk ke dalam botol koleksi yang berisi cairan pengawet.

Ket.: (1) Kain/kelambu hitam untuk menjebak agar serangga menabraknya; (2) Kelambu putih/terawang untuk mengarahkan serangga menuju botol pengumpul; (3) Botol pengumpul spesimen; (4) Botol pengawet serangga berisi alkohol 70%; (5) Tiang penyangga perangkap; (6) Tali-tali pancang.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.7 Skema Perangkap Malaise

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan perangkap Malaise antara lain:

1) Perangkap harus dipasang pada lokasi yang diperkirakan menjadi tempat perlintasan serangga terbang.
2) Posisi botol penampung harus berada pada bagian yang terkena cahaya, sesuai dengan kecenderungan perilaku serangga yang bergerak ke arah yang terang.
3) Alkohol 70% di dalam botol penampung harus selalu diperiksa jangan sampai mengering karena mudah menguap.

Kelebihan dari penggunaan perangkap Malaise adalah efisiensi waktu koleksi di lapangan karena dengan pemasangan beberapa hari dapat terkumpul sejumlah besar spesimen serangga. Sedangkan kekurangannya adalah diperlukan lebih banyak waktu di laboratorium untuk pemilahan dan identifikasi spesimen (Ausden & Drake, 2006).

Ket.: (a) Penggunaan perangkap Malaise di lapangan; (b) Perangkap lampu dengan menggunakan kain berwarna putih, lampu merkuri dan generator portabel.
Sumber: Nugroho (2015)

Gambar 12.8 Penggunaan Beberapa Perangkap

5. Perangkap Lampu (*Light Trap*)

a) Perangkap Lampu Layar

Perangkap lampu sangat efektif digunakan untuk menangkap serangga terbang yang aktif pada malam hari (*nocturnal*) atau yang tertarik terhadap cahaya yang kuat, seperti kupu-kupu malam (*moths*), lalat, dan kumbang (Bestelmeyer dkk., 2000; Ausden & Drake, 2006; Gibb & Oseto, 2006). Di samping itu, serangga dapat dikoleksi dalam kondisi hidup dan utuh/tidak rusak. Perangkap ini terdiri atas lampu dan bentangan kain putih (2 m x 3 m). Lampu yang biasa digunakan adalah lampu merkuri berwarna putih susu 160 watt atau lampu ultraviolet 125 watt (Ubaidillah, 1999). Sedangkan, layar berwarna putih sebaiknya dibuat dari kain yang kuat dan tidak mudah sobek. Serangga yang tertarik cahaya lampu akan hinggap pada layar, kemu-

dian dikoleksi dengan menggunakan botol pembunuh (*killing bottle*) dan/atau langsung dengan menggunakan pinset.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan perangkap lampu antara lain:

1) Pemasangan perangkap dilakukan sore hari sebelum gelap. Periode koleksi spesimen dilakukan selama 5–6 jam setiap malam. Untuk menangkap jenis serangga yang aktif pada tengah malam atau sesudahnya maka periode koleksi dapat dilakukan lebih lama.
2) Waktu koleksi terbaik adalah malam kelima setelah bulan purnama sampai dengan sekitar seminggu sebelum bulan purnama berikutnya karena cahaya bulan purnama yang terang mengurangi tingkat ketertarikan serangga terhadap cahaya yang berasal dari lampu. (Gibb & Oseto, 2006).

b) Perangkap Lampu Kurungan

Perangkap lampu kurungan terdiri atas lampu, kurungan, corong aluminium, dan ember penampung spesimen (Gambar 12.9). Cara kerjanya mirip dengan perangkap lampu layar tetapi bentuknya berbeda. Serangga yang tertarik pada cahaya lampu kemudian jatuh ke bawah melalui corong alumunium besar yang ditempatkan di bawah lampu dan terjebak masuk ke tempat penampung spesimen. Perangkap ini dapat digunakan untuk memantau populasi jenis serangga tertentu di sawah atau kebun, terutama kelompok serangga hama.

Foto: Paulson (2005)

Gambar 12.9 Perangkap lampu dengan wadah koleksi dari ember.

6. Perangkap Warna (*Color Trap*)

Perangkap ini digunakan untuk melakukan koleksi kelompok serangga yang mempunyai ketertarikan dan bereaksi terhadap warna tertentu. Berbagai jenis serangga akan bereaksi secara berbeda terhadap warna yang berbeda, namun warna kuning dapat dianggap sebagai warna terbaik untuk digunakan sebagai perangkap (Gibb & Oseto, 2006). Jenis perangkap warna yang digunakan antara lain:

a) Perangkap Mangkok/Nampan

Perangkap mangkok/nampan kuning (*yellow-pan trap*, Gambar 12.10 a), dan seringkali digunakan untuk menangkap kutu daun bersayap (*Aphids*) dan tawon parasit. Cara kerja perangkap ini adalah sebagai berikut:

a. Mangkok/nampan berwarna kuning cerah diisi dengan air yang sudah dicampur dengan sedikit sabun/deterjen. Penambahan

deterjen akan mengurangi tegangan permukaan air dan menyebabkan serangga menjadi lebih cepat tenggelam.

b. Perangkap mangkok/nampan diletakkan pada permukaan tanah di lokasi yang sudah kita tentukan.
c. Serangga yang tertarik dengan warna kuning akan mendatangi mangkok/nampan dan kemudian tenggelam ke dalam air.
d. Jika perangkap dipasang dalam waktu yang lama, sebaiknya pengambilan spesimen yang tertangkap dilakukan setiap hari atau dua hari sekali untuk menghindari rusaknya spesimen. Segera pindahkan spesimen ke dalam botol koleksi/kantong plastik yang berisi alkohol 70% sebagai pengawet.

b) Perangkap Bola Hitam (*Manitoba Trap*)

Perangkap Manitoba/perangkap bola hitam (*Manitoba trap*) digunakan untuk menangkap serangga pengisap darah terutama lalat Tabanidae. Bentuk dasar perangkap ini adalah struktur seperti tenda yang dilengkapi dengan bola berwarna hitam dan mempunyai permukaan yang halus (Gambar 12.10 b). Lalat Tabanidae akan tertarik kepada bola hitam dan terperangkap ke dalam botol pengumpul yang terdapat di bagian atas perangkap. Perangkap ini efektif untuk melakukan koleksi lalat Tabanidae di kawasan sekitar pemukiman yang mempunyai populasi ternak ataupun kawasan hutan yang mempunyai populasi mamalia besar.

Ket.: (a) Perangkap mangkok kuning (*yellow-pan trap*); (b) Perangkap Manitoba/perangkap bola hitam (*Manitoba trap*).

Foto: A. Sarino; Gibb & Oseto (2006)

Gambar 12.10 Perangkap Warna

7. Perangkap Lem (*Sticky Trap*)

Berupa lembaran kertas/papan tahan air atau tabung yang diolesi lem dan digantungkan pada pohon, biasanya di tempat yang agak terbuka (Gambar 12.11). Pada umumnya kertas/papan atau tabung yang digunakan dicat dengan warna kuning cerah, mengikuti perilaku serangga yang pada umumnya lebih tertarik warna kuning dibanding warna lainnya. Lem yang digunakan dapat lem serangga yang tidak berwarna, tetapi juga dapat digunakan lem perangkap tikus. Metode ini kurang tepat digunakan untuk koleksi umum karena beberapa kelompok serangga seringkali rusak/hancur ketika dilepaskan dari lem. Namun, metode ini dapat digunakan untuk memantau kehadiran serangga dalam suatu kawasan tertentu. Perangkap ini banyak digunakan untuk memantau keberadaan serangga, terutama hama pertanian.

Ket.: (a) Perangkap lem yang dijual secara komersial, dengan bahan dari kertas karton; (b) Perangkap lem dengan penambahan bahan *attractant* (lihat botol kaca di tengah), untuk menarik kelompok serangga tertentu; (c) Pemasangan perangkap lem berbentuk tabung yang disambungkan dengan tiang penyangga.

Foto: Paulson (2005)

Gambar 12.11 Beberapa jenis perangkap lem (*sticky trap*).

8. Keruk Lumpur/Sedimen (*Dredge*)

Berupa alat pengeruk yang terbuat dari logam (Gambar 12.5d). Ketika diturunkan ke dasar perairan alat dalam keadaan terbuka, tetapi ketika ditarik ke permukaan perangkap tertutup sehingga lumpur/sedimen terbawa ke atas. Alat ini biasanya digunakan untuk melakukan *sampling* kelompok bentos yang hidup di dasar perairan. Kelompok serangga yang dapat dikoleksi dengan alat ini antara lain adalah larva nyamuk (Diptera), larva Plecoptera, larva Trichoptera, dan larva Ephemeroptera. Beberapa stadia pradewasa dari Artropoda juga ikut terkeruk dengan menggunakan alat ini.

Pemisahan bentos dari sedimen biasanya menggunakan teknik pencucian atau pengapungan. Teknik pencucian lebih banyak

digunakan karena lebih sederhana dan mudah jika dibandingkan teknik pengapungan. Pencucian dilakukan dengan menggunakan pengayak berukuran *mesh* tertentu. Sedimen yang diperoleh diayak dengan menggunakan air sehingga butiran halus tanah akan lolos bersama dengan air, sedangkan organisme bentos akan tertinggal pada ayakan. Bentos yang tersaring dikoleksi dan dimasukkan ke dalam botol koleksi yang sudah diisi alkohol 70%.

Pemisahan binatang dengan teknik pengapungan diawali dengan meniriskan sedimen agar berkurang kandungan airnya. Sedimen harus tetap dalam kondisi lembek dan tidak boleh menjadi kering. Prinsip kerja dari teknik ini adalah dengan merendam sedimen ke dalam larutan yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari organisme. Salah satu larutan pengapung yang dapat digunakan adalah larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$). Sedimen dimasukkan ke dalam larutan pengapung dan diaduk sampai tercampur. Larutan sedimen ini selanjutnya dibiarkan sehingga organisme bentos akan terlihat mengapung di permukaan. Pengumpulan spesimen dapat dilakukan dengan saringan kecil, sendok, kuas, atau perangkat lainnya. Pengumpulan bentos yang terapung ini harus dilakukan dengan teliti karena banyak yang berukuran kecil, misalnya telur atau pradewasa lainnya.

C. Penanganan, Pengawetan dan Penyimpanan Koleksi Serangga

Pengawetan dan penyimpanan koleksi serangga secara benar dan tepat merupakan hal yang sangat penting, dan seringkali proses ini terlupakan atau diabaikan. Seringkali kita sangat serius dalam kegiatan koleksi serangga di lapangan, tetapi kemudian spesimen yang dikoleksi tersebut terabaikan tanpa melalui proses-proses yang tepat. Rusaknya kondisi spesimen akan menyebabkan terhambatnya kegiatan pasca-lapangan sehingga sangat perlu diperhatikan beberapa hal berikut ini:

a. Pengawetan spesimen koleksi di lapangan merupakan salah satu hal terpenting dalam keseluruhan kegiatan. Sebaiknya cara pengawetan ini perlu dipikirkan sejak sebelum kegiatan dimulai.

Penggunaan zat pengawet yang tepat akan memungkinkan untuk penggunaan spesimen dalam banyak hal lebih lanjut. Contoh: tawon (Hymenoptera) langsung diawetkan dalam alkohol 96% setelah dikoleksi sehingga nantinya akan dapat disimpan sebagai koleksi kering ataupun digunakan untuk sampel pekerjaan molekuler.

b. Setelah dikoleksi, kadangkala spesimen yang diperoleh tidak dapat langsung diproses dan disimpan dalam ruang koleksi. Untuk menghindari menurunnya kualitas atau rusaknya spesimen, diperlukan tempat atau metode penyimpanan sementara yang sesuai dengan karakteristik dari takson/spesimennya.
c. Setelah tiba di laboratorium, sebaiknya segera dilakukan pemrosesan terhadap spesimen untuk menghindari kerusakan.

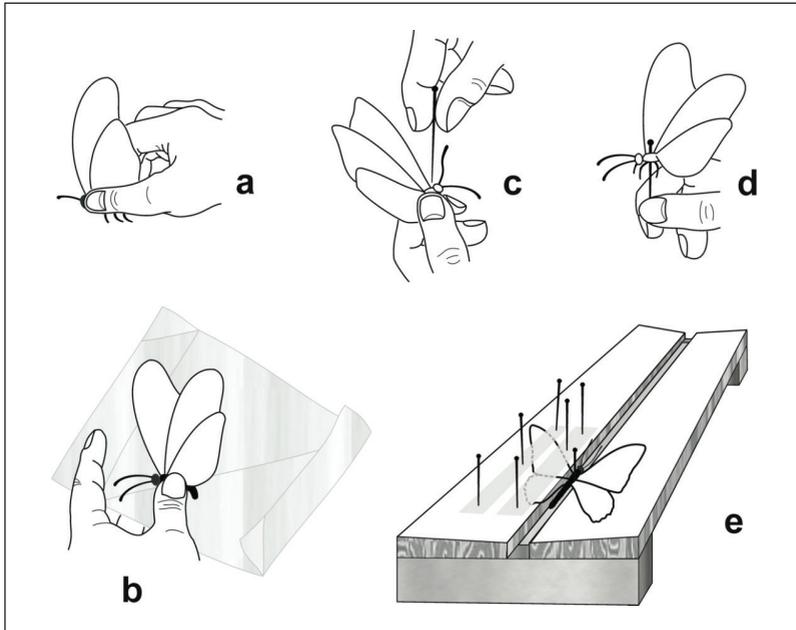
Proses penanganan spesimen serangga dari lapangan sampai menjadi koleksi ilmiah memerlukan standar kerja tertentu yang harus dilakukan. Tahapan-tahapan tersebut meliputi: (1) pengawetan spesimen, (2) penyimpanan sementara, (3) pengepakan atau pengemasan, (4) opset, (5) pemberian label, dan (6) penyimpanan koleksi.

1. Pengawetan Spesimen

Serangga yang berhasil dikoleksi biasanya dapat disimpan sementara dalam keadaan hidup ataupun langsung dimatikan dan diawetkan dengan menggunakan teknik tertentu. Proses pengawetan serangga yang diperoleh di lapangan meliputi dua tahap, yaitu mematikan dan pengawetan/fiksasi. Seringkali beberapa spesimen memerlukan proses lebih lanjut untuk keperluan identifikasi, sedangkan spesimen yang lain tetap diawetkan dan disimpan di dalam alkohol atau cairan pengawet lainnya sesuai dengan standar yang ada.

Proses mematikan serangga ada beberapa cara, tergantung pada kelompoknya. Kupu-kupu atau capung dapat dimatikan dengan memijit secara perlahan pada bagian toraks (Gambar 12.12 a). Beberapa serangga seperti kumbang, belalang, jangkrik, lalat, tawon, dan

lebah dimatikan dengan memasukkannya ke dalam botol pembunuh (*killing bottle*) yang pada dasar botol diberi kapas yang sudah ditetesi etil asetat sebagai zat pembunuhnya. Banyak jenis serangga dapat dimatikan dan diawetkan sekaligus dalam cairan tertentu seperti aseton, sedangkan serangga dengan ukuran besar (beberapa jenis ngengat, kumbang, ataupun belalang) dapat dimatikan dengan penyuntikan alkohol dalam jumlah tertentu (Gibb & Oseto, 2006). Beberapa kelompok serangga seperti ngengat/kupu-kupu malam dan nyamuk harus langsung di-opset di lapangan untuk menghindari kerusakan spesimen.

Larva serangga biasanya dimatikan dan diawetkan dalam alkohol atau ditempatkan dalam air mendidih untuk "mengawetkan" proteinnya dan mencegah larva berubah warna menjadi hitam. Cara yang dilakukan adalah sebagai berikut: tempatkan larva di dalam air panas (mendidih) 1–5 menit, kemudian dipindahkan ke dalam alkohol 70%–80% (Gibb, & Oseto, 2006). Pengawetan serangga dengan alkohol 70% atau 96% saat ini sering digunakan oleh banyak peneliti serangga. Walaupun demikian, beberapa kelompok serangga tertentu memerlukan metode pengawetan yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang terbaik (Lampiran 12.1).

Ke.: (a) Bagian toraks ditekan dengan menggunakan ibu jari dan telunjuk selama beberapa detik; (b) Memasukkan spesimen ke dalam kertas papilot untuk penyimpanan sementara. Pastikan untuk tidak memegang bagian sayap agar sisik/venasi sayap tidak hilang; (c) dan (d) *Pinning* spesimen dengan jarum serangga pada bagian toraks dan pastikan bahwa posisi jarum tegak lurus terhadap toraks; e) Penempatan spesimen pada papan perentang.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.12 Cara Mematikan, Penyimpanan Sementara, dan *Mounting* Spesimen Kupu-Kupu

2. Penyimpanan Sementara

Kerusakan spesimen akibat jamur, serangan semut ataupun menguapnya alkohol seringkali terjadi sebelum spesimen sampai di laboratorium untuk proses lebih lanjut. Untuk menanggulangi hal tersebut, penyimpanan sementara spesimen perlu mendapatkan perhatian dan penanganan khusus berdasarkan kelompok serangga yang berhasil dikoleksi seperti yang disebutkan dibawah ini (Ubaidillah, 1999):

a) Hasil Koleksi Langsung/Jaring Serangga

Kupu-kupu dan capung dapat disimpan sementara dalam kertas papilot (Gambar 12.12b), kemudian dimasukkan kedalam kotak penyimpanan sementara. Jenis-jenis ngengat, tawon, lalat, jangkrik, dan belalang yang akan disimpan dengan pengawetan kering sebaiknya segera dijarum (*pinning*), kemudian disusun dalam kotak penyimpanan sementara (Gambar 12.13a).

Pengawetan sementara spesimen kering seringkali menghadapi permasalahan yang dapat menimbulkan kerusakan spesimen, seperti tumbuhnya jamur, serangan semut, kutu, dan serangga lain. Untuk menghindari tumbuhnya jamur, kotak penyimpanan sementara sebaiknya ditambahkan fungisida (seperti klorokrisol), sedangkan untuk menghindari serangan semut dan serangga lain, penggunaan kamper di dalam kotak dapat dilakukan. Hal penting yang sebaiknya dilakukan adalah menghindarkan kotak penyimpanan sementara dari tempat yang lembap, serta melakukan pengeringan dengan cara kering-angin, tanpa menjemur spesimen di bawah sinar matahari langsung.

b) Hasil Koleksi dengan Perangkap

Hasil koleksi serangga/Artropoda dengan perangkap Malaise ataupun sumuran sebaiknya segera dipindahkan ke dalam kantong plastik yang diisi dengan alkohol 75%. Jumlah alkohol sebaiknya tidak terlalu berlebihan, asalkan semua spesimen dalam keadaan terendam/basah. Pemindahan ini bertujuan untuk menghindari pembusukan spesimen.

Kantong plastik yang berisi spesimen kemudian ditempatkan kedalam kotak plastik yang kedap udara untuk menghindari kemungkinan kebocoran alkohol dan keluarnya bau alkohol yang menyengat (Gambar 12.13b); hal ini sangat penting untuk dilakukan terutama jika spesimen akan dibawa dengan angkutan umum sehingga tidak menimbulkan permasalahan.

c) Larva Serangga Air

Hasil koleksi larva serangga air sebaiknya disimpan sementara di dalam kantong plastik ataupun botol koleksi dengan menggunakan alkohol 80%.

Ket.: (a) Kotak penyimpanan sementara untuk menyimpan spesimen kering yang sudah dijarum; (b) Penyimpanan sementara spesimen basah (dalam alkohol) dengan menggunakan kotak kedap udara.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.13 Kotak Penyimpanan Sementara

3. Pengepakan atau Pengemasan

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah pengepakan/pengemasan spesimen dalam wadah selama transportasi dari lapangan ke laboratorium, terutama ketika lokasi survei jauh dari laboratorium sehingga spesimen perlu dikirim atau dibawa dalam kurun waktu beberapa hari perjalanan. Pengepakan yang rapi sangat diperlukan untuk keselamatan dan keutuhan spesimen sampai ke laboratorium sehingga dapat diproses lebih lanjut.

Dalam pengepakan, spesimen yang sudah dimasukkan ke dalam kotak penyimpanan harus berada dalam posisi stabil (tidak bergerak) untuk menghindari kerusakan selama perjalanan. Prinsip ini berlaku untuk semua spesimen yang sudah dijarum, dalam papilot, maupun dalam *vial* atau botol kecil. Spesimen serangga yang sudah ditusuk jarum, dalam papilot, dan dalam vial sebaiknya dikemas dalam wadah yang berbeda.

Sangat disarankan agar spesimen dikelompokkan berdasarkan taksonnya atau kategori tertentu. Spesimen kupu dan capung, sebaiknya berada dalam kotak berbeda dengan kumbang dan belalang karena kumbang dan beberapa serangga memiliki sayap dan tubuh yang keras. Penyatuan spesimen kupu, kumbang, belalang, dan capung dalam papilot yang dicampur dalam kotak yang sama dapat membahayakan keutuhan sayap kupu dan tubuh capung yang rentan patah. Serangga yang sudah dijarum, dikemas dalam kotak dengan posisi jarum stabil tidak dapat bergerak selama transportasi.

4. Opset (*Mounting*)

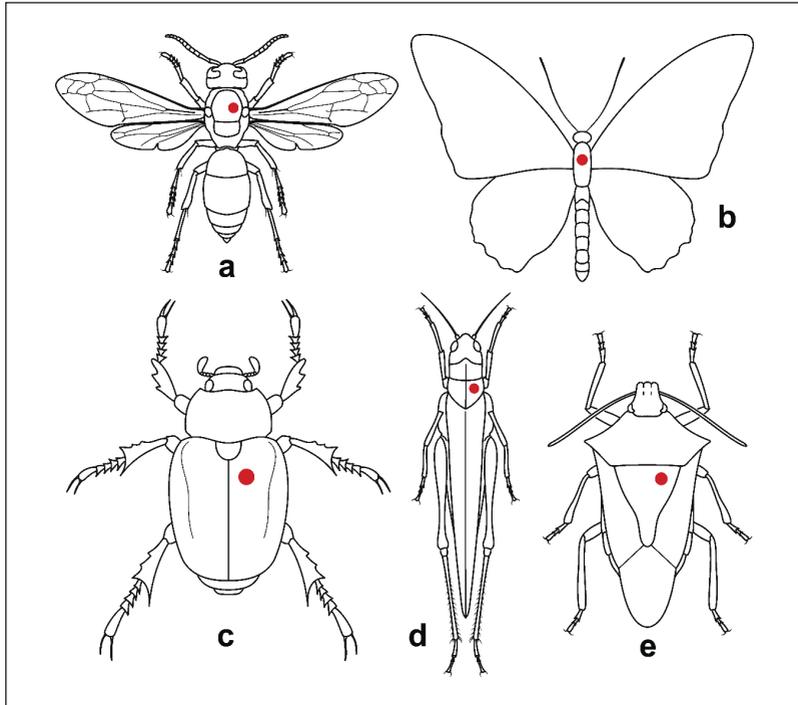
Agar dapat dipelajari dengan kondisi yang nyaman serta untuk menghindari kerusakan, spesimen harus mengalami proses opset (*mounting*). Opset adalah pekerjaan menusuk dengan jarum (*pinning*) atau menempelkan pada kertas lancip (*point card*) di tubuh serangga, dan mengatur posisinya dengan baik sehingga mudah untuk melakukan identifikasi. Spesimen yang di-opset dengan baik dan disertai dengan label yang lengkap akan mempunyai nilai ilmiah yang tinggi. Proses opset ini harus benar-benar diperhatikan oleh para peneliti sehingga kerusakan spesimen dapat diminimalkan dan karakter morfologi yang berguna bagi proses identifikasi dan penelitian lebih lanjut dapat dengan mudah diamati.

Metode standar telah berkembang selama dua abad terakhir ini sebagai respon terhadap kebutuhan estetika dan kepentingan materi penelitian yang berkualitas tinggi. Teknik opset spesimen mungkin akan bervariasi antara satu orang dengan orang lainnya, tetapi sebenarnya mempunyai prosedur dasar yang sama (Gibb & Oseto, 2006).

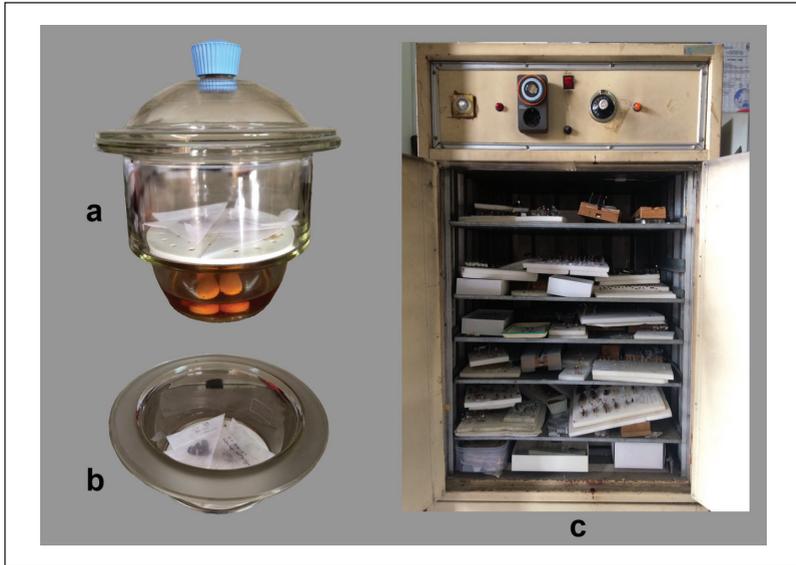
Berdasarkan pada kegunaannya, koleksi spesimen dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu (1) koleksi ilmiah dan (2) koleksi non-ilmiah. Pada koleksi ilmiah, nilai kegunaan ilmiah spesimen haruslah lebih diutamakan daripada keindahan, sedangkan pada koleksi non-ilmiah seringkali faktor keindahan *display* menjadi hal yang paling utama.

Peralatan dasar yang diperlukan untuk melakukan opset serangga adalah sebagai berikut:

1. Jarum serangga	6. Kertas penempel (*point card*)
2. Pinset opset	7. Lem serangga
3. Papan perentang	8. Bejana pelemas (*Desiccator*)
4. Gabus/*Plastazote*	9. Cawan petri
5. Balok penusuk (*Pinning block*)	10. Kertas tisu

Spesimen serangga harus dijarum dengan posisi jarum serangga tegak lurus terhadap tubuhnya (Gambar 12.12 c&d). Untuk kebanyakan serangga, posisi jarum berada di bagian kanan dari garis tengah tubuh sehingga karakter pada salah satu sisi tubuh tidak rusak dan dapat terlihat secara jelas (Gambar 12.14). Jika kita melakukan penjaruman pada spesimen lama atau yang sudah kering, pada bagian batas antara jarum dan tubuh serangga sebaiknya ditambahkan sedikit lem agar dapat menempel dengan baik dan tubuh serangga tidak berputar pada jarumnya. Spesimen yang tubuhnya sudah keras harus dilemaskan lebih dahulu di dalam botol pelemas (*desiccator*) selama lebih kurang 24 jam (Gambar 12.15a&b), kemudian segera di-opset. Dengan proses pelemasan ini, tubuh serangga akan lebih mudah diatur dalam proses opset sehingga spesimen tidak rusak dan memenuhi kaidah-kaidah ilmiah.

Ket.: (a) Hymenoptera; (b) Lepidoptera; (c) Coleoptera; (d) Orthoptera; (e) Hemiptera.
Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.14 Contoh posisi pemasangan jarum serangga pada spesimen.

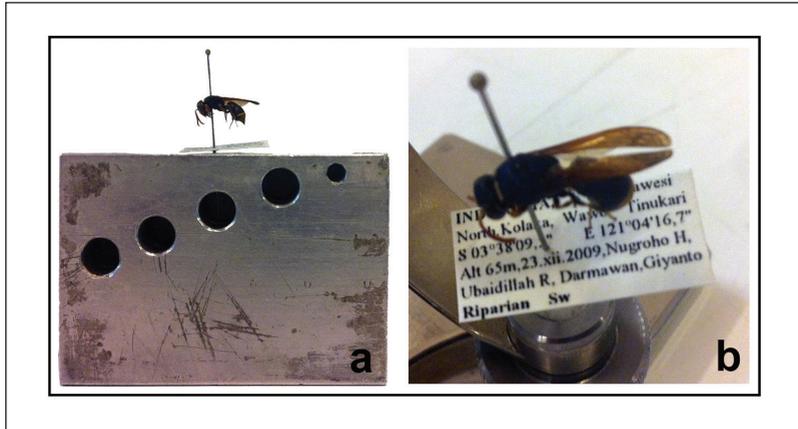
Proses pengopsetan serangga untuk menghasilkan spesimen yang bernilai ilmiah sebaiknya dilakukan di laboratorium, dengan menggunakan metode dan peralatan yang baku. Sebagai contohnya, pengaturan sayap kupu-kupu dilakukan dengan menggunakan papan perentang (Gambar 12.12e), sedangkan kelompok lain (kumbang, jangkrik, belalang, lebah, tawon, dan lalat) proses pengaturan posisi kaki dan sayap dapat dilakukan dengan menancapkan spesimen yang sudah dijarum pada gabus/*plastazote*. Serangga dalam posisi opset ini harus dikeringkan kembali dalam oven atau panas matahari tidak langsung (ditempatkan dalam kotak serangga) sampai kering. Jika

Ket.: (a) Desikator (*desiccator*) yang digunakan untuk melembapkan dan melemaskan tubuh serangga sehingga akan lebih mudah diatur dalam proses opset; (b) Posisi spesimen kupu (kertas papilot) dalam desikator; (c) Proses pengeringan spesimen serangga di dalam oven.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.15 Peralatan Pemrosesan Spesimen

spesimen dalam kondisi masih lembap/kurang kering maka akan mudah terserang jamur yang dapat merusak spesimen.

5. Pemberian Label

Label merupakan salah satu hal penting yang menyertai spesimen dan memuat informasi: lokasi, tanggal koleksi, dan kolektor (Gambar 12.16). Informasi tambahan seperti cara koleksi, habitat, tumbuhan inang, dan informasi penting lainnya dapat juga ditambahkan pada label. Untuk koleksi kering yang dijarum, label langsung ditusukkan pada jarum bersama-sama dengan spesimen. Untuk koleksi basah, label dimasukkan ke dalam botol koleksi. Ukuran label sebaiknya tidak terlalu besar, terutama untuk spesimen yang dijarum, yaitu 7 mm x 18 mm.

Ket.: (a) *Pinning block* yang digunakan untuk pemasangan spesimen dan label sehingga posisi/ketinggiannya dapat seragam; (b) Spesimen yang sudah dilengkapi dengan label.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.16 *Pinning Block* dan Contoh Label

Ada beberapa jenis kertas label yang disarankan untuk digunakan: (a) kertas bebas asam, yang digunakan untuk koleksi kering, dan (b) kertas tahan alkohol (*parchment paper*), untuk koleksi basah. Label sebaiknya ditulis dengan tinta tahan air/alkohol untuk menghindarkan terhapusnya tulisan. Untuk koleksi kering, label dapat juga dicetak dengan *printer laser*.

6. Penyimpanan Koleksi

Penyimpanan koleksi secara benar dan tepat sangatlah diperlukan untuk mencegah spesimen dari kerusakan sehingga spesimen dapat digunakan dalam jangka panjang. Spesimen kering harus aman dari jamur dan hama perusak dan untuk spesimen basah harus dijaga kualitas alkoholnya serta dijaga dari kekeringan (Gambar 12.17).

Di negara tropis seperti di Indonesia ini, penyimpanan koleksi kering memerlukan perhatian yang lebih karena tingginya kelembapan udara yang akan menyebabkan tumbuhnya jamur pada spesimen. Koleksi kering sebaiknya disimpan dalam kotak kayu bertutup rapat (tutup bisa terbuat dari kaca) dan kedap udara. Jika memungkin-

Ket.: (a) Penyimpanan koleksi kering; (b) Penyimpanan koleksi basah.

Sumber: Nugroho (2017)

Gambar 12.17 Tempat Penyimpanan Koleksi

kan, spesimen ditempatkan di dalam ruangan berpendingin udara (20–22^{o}C) dengan kelembapan udara terkontrol (± 50%).

Koleksi basah kemudian disimpan didalam botol koleksi dengan tutup rapat untuk menghindari penguapan alkohol. Diperlukan pemeriksaan berkala dan penambahan alkohol untuk mengganti alkohol yang menguap. Spesimen yang disimpan di dalam alkohol seringkali harus mengalami penggantian alkohol. Cairan tubuh yang keluar dari spesimen (terutama untuk spesimen dalam jumlah banyak dan memadati botol koleksi) akan membuat alkohol menjadi encer dan berkurang kadarnya sehingga spesimen dapat menjadi busuk. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penggantian alkohol secara berkala.

D. Identifikasi

Setelah melakukan kegiatan koleksi dan pengawetan spesimen, kegiatan yang sangat penting untuk segera dilakukan adalah proses identifikasi spesimen. Proses identifikasi merupakan salah satu kunci keberhasilan bagi kegiatan penelitian yang dilakukan. Identifikasi spesies secara akurat akan menjadi dasar bagi pengembangan kegiatan penelitian selanjutnya.

Untuk identifikasi serangga sampai dengan tingkat ordo, pembaca dapat menggunakan Gibb & Oseto (2006) atau Borror and White (1970), sedangkan untuk identifikasi sampai dengan kelompok takson dibawah tingkat ordo disarankan untuk menggunakan buku-buku ataupun makalah ilmiah (jurnal ilmiah) yang berkaitan dengan kelompok takson yang dipelajari. Jika kita mengalami kesulitan dalam identifikasi spesimen, disarankan untuk menghubungi ahli di bidangnya. Jika diperlukan, dapat dilakukan pengiriman spesimen guna proses identifikasi oleh ahli dalam kelompok serangga tersebut.

Daftar Pustaka

Ausden, M.. & Drake, M. (2006). Invertebrates. Dalam Sutherland, W.J. (ed.). *Ecological census techniques: a handbook* (2nd Ed.). Cambridge University Press.

Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. E., Brandao, C. R. F., Brown Jr, W. L., Delabie, J. H. C., & Silvesre, R. (2000). Field techniques for the study of ground-dwelling ants. Dalam D. Agosti, J. Majer, L. E. Alonso, & T. Schultz (Eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (122–144). Smithsonian Institution Press.

Borror, D. J., & White, R. E. (1970). *A field guide to insects America north of Mexico*. Houghton Mifflin Company.

Gibb, T. J., & Oseto, C. Y. (2006). *Arthropod collection and identification: Field and laboratory techniques*. Academic Press.

Paulson, G. S. (2005). *Handbook to the construction and use of insect collection and rearing devices: A guide for teachers with suggested classroom applications*. Springers.

Ubaidillah, R. (1999). *Pengelolaan koleksi serangga dan artropoda lainnya*. Dalam Y. R. Suhardjono (Ed.). *Buku pegangan pengelolaan koleksi spesimen zoologi*. Puslitbang Biologi LIPI.

Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E. B., & Semiadi, G. (2014). *Kekinian keanekargaman hayati Indonesia 2014*. LIPI Press.

Lampiran 12.1 Cara Pengawetan Serangga

Ordo	Spesimen kering	Spesimen basah
Zygentoma (Thysanura); Diplura; Protura	-	Alkohol 75% + Giserin
Ephemeroptera	Ditempel pada kertas penempel (*point card*). Dijarum pada toraks; kedua pasang sayap direntangkan. Dijarum dengan *micro pin*.	Alkohol 70%, untuk nimfa dan dewasa.
Odonata	Ditempel pada kertas penempel (*point card*). Dijarum pada toraks; kedua pasang sayap direntangkan. Dimasukkan kedalam kantong plastik bebas asam.	Alkohol 70%, untuk nimfa
Plecoptera; Neuroptera; Mecoptera; Lepidoptera; Trichoptera	Dijarum pada toraks; kedua pasang sayap direntangkan; posisi kaki diatur.	Alkohol 70%, untuk nimfa
Grylloblattodea (Notoptera)	Dijarum pada toraks, kaki, dan antena diatur.	Alkohol 70%, untuk nimfa
Orthoptera	Ukuran besar: organ dalam dikeluarkan, kemudian isi perut diganti kapas. Ukuran kecil: ditempel pada kertas penempel (*point card*).	Alkohol 70%, untuk nimfa
Diptera; Hymenoptera; Coleoptera; Dermaptera; Embioptera; Blattodea; Mantodea; Hemiptera	Ditempel pada kertas penempel (*point card*); posisi kaki diatur. Dijarum pada toraks; kedua atau salah satu sayap direntangkan atau kedua sayap terlipat/tidak direntang. Dijarum dengan *micro pin*.	Alkohol 70%

Ordo	Spesimen kering	Spesimen basah
Strepsiptera	Ditempel pada kertas penempel (*point card*).	Alkohol 70%
Isoptera (Blattodea)	Stadium terbang dapat dijarum pada toraks; sayap direntang.	Alkohol 70%
Zoraptera; Psocoptera; Thysanoptera	-	Alkohol 70%

Sumber: modifikasi dari Ubaidillah (1999)

BAB 13
Inventarisasi Capung dan Kupu-Kupu

Pungki Lupiyaningdyah

Capung dan kupu-kupu merupakan kelompok serangga terbang yang umum dan mudah dijumpai di hampir semua tipe ekosistem, termasuk karst (Silsby, 2001). Di Indonesia, keanekaragaman jenis capung dan kupu-kupu cukup tinggi, yaitu lebih dari 900 jenis capung dan 1000 jenis kupu-kupu (Alarape dkk., 2015; Kalkman & Orr, 2013; Michalski, 2012; Noerdjito dkk., 2011; Nugroho dkk., 2016; Rahadi dkk., 2013; Rowe & Trueman, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, Schorr, dkk., 2019; Setiyono dkk., 2015, 2017). Capung hidup sebagai predator serangga yang berukuran lebih kecil. Oleh karena itu, dapat dimanfaatkan sebagai pengendali hama maupun yang menjadi vektor penyakit, seperti wereng, lalat buah, nyamuk, dan lalat. Capung memiliki daur hidup yang dapat dikatakan terbagi dua, yaitu di air ketika pradewasa (nimfa) dan di darat pada stadia dewasa yang dapat terbang (Miller, 1995; Silsby, 2001). Kelompok kupu-kupu dibedakan menjadi dua, yaitu kupu (yang aktif pada siang hari) dan ngengat (hanyak aktif pada malam hari). Pada stadia pradewasa (ulat) baik kupu maupun ngengat ada yang menjadi hama pertanian, tetapi ketika stadia dewasa merupakan serangga berguna karena berperan sebagai penyerbuk bunga beberapa tanaman buah-buahan (Peggie, 2014; Peggie & Amir, 2010).

Keanekaragaman capung dan kupu-kupu belum banyak diungkap dari ekosistem karst. Padahal, capung dan kupu-kupu merupakan indikator yang baik untuk memantau apabila terjadi perubahan lingkungan di area karst dalam kurun waktu tertentu. Pengumpulan data yang baik dan benar untuk mengungkap keanekaragaman jenis capung dan kupu-kupu di kawasan karst dan memantau perubahan lingkungannya tentunya kita perlukan. Belum banyak data keanekaragaman capung dan kupu-kupu di ekosistem karst Indonesia. Oleh karena itu, pedoman ini disusun agar menjadi acuan dan standar inventarisasi data capung dan kupu-kupu di kawasan karst di Indonesia.

A. Material dan Data yang Dikumpulkan

Inventarisasi capung dan kupu-kupu harus memenuhi standar penelitian, yaitu berkaitan dengan biosistematika, ekologi, fisiologi, dan atau molekuler (Prijono dkk., 2004; Ubaidillah, 1999). Material yang dikumpulkan dapat berupa spesimen dengan preservasi yang baik dan foto/gambar yang informatif untuk digunakan sebagai bahan identifikasi.

Material harus dilengkapi dengan informasi yang lengkap, yaitu lokasi (provinsi, kodya/kabupaten, kecamatan, kelurahan/desa, dusun/kampung), tanggal (hari, bulan, tahun), koordinat geografis, ketinggian, metode koleksi, dan nama pengumpul/kolektor. Tambahan informasi seperti habitat, perilaku, dan inang akan sangat baik disertakan pada catatan (Lampiran 13.1).

Sebelum melakukan koleksi di lokasi, kita perlu membekali diri dengan pengetahuan awal mengenai:

1) Teknik pengumpulan capung dan kupu-kupu.
2) Habitat, seperti karst, sungai, air terjun, hutan, perkebunan, pertanian, sawah, dan tumbuhan inang.
3) Perilaku, misalnya terbang di sekitar bunga tertentu, bergerombol di pinggir sungai.

4) Waktu aktif capung dan kupu-kupu, biasanya pada pagi sampai sore hari, menjelang matahari terbenam.
5) Musim, karena musim memengaruhi keberadaan dan aktivitas capung dan kupu-kupu sehingga memengaruhi perolehan spesimen.

Pengumpulan spesimen dapat dilakukan secara kualitatif (untuk studi sistematika) maupun kuantitatif (untuk studi ekologi). Dalam studi ekologi, pengambilan contoh dapat dilakukan dengan metode contoh acak (*random sampling*) pada satuan luas tertentu, atau sistem transek pada jarak tertentu dengan cara tangkap-tandai-lepas-tangkap kembali (*capture-remark-recapture*). Alat dan bahan yang diperlukan dalam melakukan inventarisasi capung dan kupu-kupu tampak pada Gambar 13.1.

B. Metode Koleksi

1. Spesimen Kering

a) Capung

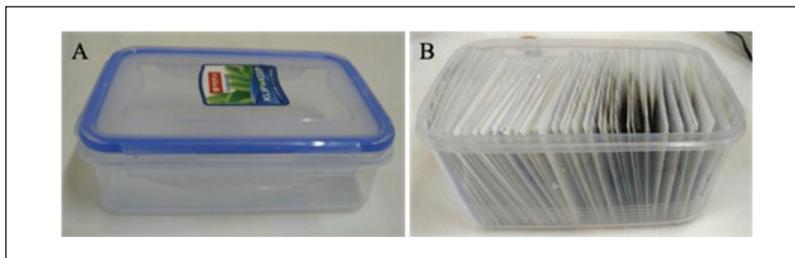
Capung dewasa dikoleksi dengan menggunakan jaring serangga. Setelah tertangkap, capung diambil dan dikeluarkan dari jaring selanjutnya langsung dimasukkan ke dalam papilot, dalam keadaan hidup. Apabila capung berukuran kecil (capung jarum), pengambilan dari dalam jaring dilakukan dengan menggunakan pinset. Papilot diberi catatan tanggal, nomor koleksi, lokasi, nama spesies (bila telah diketahui, atau marga/suku), jenis kelamin, dan nama kolektor. Selanjutnya papilot yang berisi capung dicelupkan ke dalam cairan aseton dalam kotak plastik kedap udara dengan menggunakan pinset satu per satu (Gambar 13.2a).

Ket.:

1. Jaring serangga (1)
2. Papilot (terbuat dari kertas minyak yang dipotong dan dilipat berbentuk segitiga) atau amplop khusus serangga (*glassine envelope*). (2)
3. Pinset ujung bulat (3)
4. Botol koleksi 2 ml dan 8 ml (4)
5. Alkohol 96% (5)
6. Aseton analis (6)
7. Kotak plastik (7)
8. Kertas label (8)
9. Botol semprot (9)
10. Pensil (10)
11. Kamera (11)
12. Lembar data/buku lapangan/tablet/laptop (12)
13. Alat suntik (syringe) 1 ml (13)
14. Buku panduan lapangan (bila ada) (14)

- Silica gel dan kamper (*naphtalene*)
- Jarum serangga
- Kotak kayu
- Jaring serangga air (D-net)
- Gunting
- Pulpen tahan alkohol

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.1 Alat dan Bahan untuk Inventarisasi Capung dan Kupu-Kupu

Ket.: A) Kotak plastik kedap udara; B) kotak plastik berisi susunan papilot atau amplop khusus untuk serangga.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.2 Kotak Plastik Tempat Penyimpanan Spesimen Capung dan Kupu-Kupu

Pencelupan capung ke dalam aseton dimaksudkan agar bagian dalam tubuh capung menjadi keras dan tidak membusuk, serta warnanya tetap terpelihara. Capung direndam dalam aseton semalam. Keesokan harinya, dengan menggunakan pinset spesimen dikeluarkan dari cairan aseton, dikering-anginkan selama kurang lebih 2 jam agar menjadi kering sempurna. Setelah kering, spesimen dimasukkan kembali ke dalam papilot semula. Capung yang disimpan dalam papilot, kemudian disusun di dalam kotak plastik. (Gambar 13.2B). Untuk menghindari serangan serangga (semut) dan menjaga spesimen tetap kering, di dalam kotak dimasukkan kamper atau silika gel karena spesimen yang lembap akan mudah terserang jamur.

Capung bertelur pada tanaman air, sedangkan nimfa capung yang dinamakan kini-kini hidup di dalam air. Ketika berkembang dan sudah akan menjadi stadia dewasa, kini-kini merayap ke atas pada tumbuhan di dekat perairan dan diam-diam mengalami pergantian bentuk dari tidak terbang menjadi dewasa yang dapat terbang. Biasanya dapat dijumpai kulit nimfa/larva capung (eksuvia) menempel pada tumbuhan air, batu, dan kayu (Noerdjito dkk., 2012; Miller, 1995). Eksuvia ini juga perlu dikoleksi dan dapat disimpan dalam plastik bersegel (*Ziplock)* dengan diberi label di dalamnya, selanjutnya disimpan dalam kotak plastik. Masing-masing jenis memiliki bentuk

Ket.: Label lihat Lampiran 13.1 c (label spesimen c).
Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.3 Spesimen capung kering disimpan di dalam plastik bebas asam dan diberi label dengan kertas bebas asam.

kini-kini yang khas, dan pengenalan jenis melalui bentuk kini-kininya masih jarang informasinya.

Sesampainya di laboratorium, keluarkan silika dan kamper dari kotak plastik yang berisi spesimen capung. Kotak berisi spesimen kemudian dimasukkan ke dalam ruangan pembeku dengan suhu -4°C–10°C selama satu minggu untuk menghilangkan parasit. Setelah itu, buat label untuk masing-masing spesimen yang dicetak di kertas bebas asam dengan ukuran tertentu (lihat Lampiran 13.1). Pindahkan spesimen capung tadi ke dalam amplop plastik bebas asam bersama dengan label tersebut (Gambar 13.3). Kemudian susun di kotak dengan busa khusus (*unit tray*) dan masukkan ke dalam laci penyimpanan (*drawer*) (Gambar 13.4). Sebaiknya spesimen disimpan di dalam ruangan dengan suhu optimal 21°C dan kelembapan 40–50%, seperti prosedur baku yang dilakukan di Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.4 Laci Penyimpanan (*Drawer*) yang Berisi Spesimen Capung

b) Kupu-Kupu

Kupu-kupu ditangkap dengan menggunakan jaring serangga. Kemudian kupu-kupu berukuran kecil sampai sedang dimatikan dengan menekan toraksnya secara perlahan saat masih di dalam jaring serangga. Kupu-kupu berukuran besar, selain ditekan toraksnya, juga disuntik alkohol 70%–80% pada bagian abdomen agar tidak terjadi pembusukan di dalam tubuhnya. Ketika mengambil kupu-kupu dari dalam jaring harus dilakukan dengan hati-hati agar sisik pada sayap tidak rusak. Kupu-kupu yang sudah dimatikan dimasukkan ke dalam kertas papilot. Papilot diberi catatan tanggal, nomor koleksi, lokasi, nama spesies (bila telah diketahui, atau marga/suku), jenis kelamin, nama kolektor (Ubaidillah, 1999).

Kupu-kupu yang di dalam papilot (Gambar 13.5), disusun di dalam kotak plastik yang sudah diberi silika gel agar tidak lembap

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.5 Spesimen Kupu-Kupu di Dalam Amplop Bebas Asam dan Sudah Berlabel

dan berjamur dan juga diberi kamper untuk mengusir serangga hama seperti semut.

Sekembalinya dari lapangan, apabila spesimen akan direntang maka spesimen yang sudah kaku dari dalam kertas papilot harus dilemaskan (relaksasi) terlebih dahulu. Beberapa spesimen dalam papilot diletakkan di dalam eksikator (Gambar 13.6) paling sedikit selama 24 jam untuk melemaskan tubuhnya. Selanjutnya agar sayap

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.6 Eksikator

kupu-kupu terentang dengan posisi yang stabil, caranya adalah menggunakan papan perentang (Gambar 13.7).

Pertama-tama, spesimen dikeluarkan dari dalam kertas papilot, lalu tusuk bagian atas toraks menggunakan jarum serangga tahan karat (*insect pin*). Posisi spesimen tegak lurus pada jarum, diatur letak ketinggian spesimen pada jarum dengan menggunakan balok penusuk (*pinning block*). Langkah berikutnya adalah menusukkan spesimen ke dalam alas pada celah papan perentang, diatur posisi antena dan kedua pasang sayap kiri dan kanan. Pekerjaan pengaturan sayap harus dilakukan dengan hati-hati jangan sampai merusak sayap kupu yang tipis dan penuh sisik. Secara perlahan geser sayap kupu-kupu bagian kanan atas dilebarkan dan rentang sampai posisinya kira-kira berbentuk siku 90 derajat dengan menggunakan pinset. Setelah itu, ambil kertas kalkir atau kertas minyak yang telah dipotong memanjang berbentuk pita selebar 2–4 cm. Letakkan di atas ujung sayap kanan atas, kemudian sisi atas dan bawah kertas kalkir tersebut ditusuk jarum pentul agar posisi sayap tetap stabil. Begitu seterusnya untuk tiga sayap lainnya. Label lokasi diletakkan dan ditusuk jarum pentul disamping spesimen yang direntangkan agar tidak tertukar dengan spesimen lain. Lanjutkan seterusnya ke bagian bawah, sampai papan perentang cukup penuh dan diatur sedemikian rupa sehingga rapi dan tidak tumpang tindih seperti tampak di Gambar 13.7.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.7 Papan Perentang

Setelah itu, masukkan papan perentang ke dalam oven 45°C selama dua minggu. Keluarkan papan perentang, lepaskan semua jarum pentul, pindahkan spesimen kupu-kupu yang telah kering ke dalam kotak penyimpanan (*drawer*) yang terbuat dari kayu dan kaca yang rapat dan kedap dari serangan jamur, semut, kumbang bubuk, cecak, dan lainnya (Gambar 13.8). Sebelumnya spesimen diberi label permanen berukuran kecil (lihat lampiran 13.1) yang ditusukkan di bawah spesimen.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.8 Laci Penyimpanan (*Drawer*) untuk Spesimen Kupu-Kupu yang Direntangkan

Spesimen yang sudah selesai diproses dan berada dalam laci segera disimpan ke dalam kabinet ruang koleksi. Ruang koleksi yang direkomendasikan sebaiknya diatur dengan suhu ruangan optimal 18°–22°C dan kelembapan 40%–50%, seperti yang diterapkan di ruang koleksi serangga di Museum Zoologicum Bogoriense, Cibinong, Bogor. Pengaturan suhu dan kelembapan ruangan ini sangat penting demi menjaga keselamatan spesimen dalam penyimpanan jangka panjang. Untuk itu, perlu dipantau setiap hari dengan termometer ruangan dan higrometer ruangan atau higrotermograf (Gambar 13.9).

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.9 Higrotermograf

Untuk menjamin keselamatan spesimen dari serangan hama, akan sangat baik bilamana sebelum masuk ke dalam ruang koleksi permanen, spesimen disterilisasi lebih dahulu. Sterilisasi dilakukan dengan menyimpan laci isi spesimen ke dalam ruang atau lemari pendingin dengan suhu minus 10°C–minus 4°C selama satu minggu, untuk membebaskannya dari serangan hama. Perlu diperhatikan, ketika akan dimasukkan ke dalam lemari pendingin, laci harus dibungkus rapat-rapat dengan plastik yang tidak tembus air. Pembungkusan ini untuk menghindari masuknya uap air ketika keluar dari pendinginan ke suhu kamar. Dari ruang pendingin ini, laci yang masih rapat terbungkus plastik dibiarkan dalam suhu ruang selama 4–7 hari, maksudnya agar apabila ada telur hama yang dormansi selama dalam lemari pendingin, telur tersebut dapat menetas. Setelah itu, laci yang masih terbungkus plastik tersebut dimasukkan kembali ke dalam lemari pendingin selama tujuh hari. Ketika dikeluarkan dari pendinginan kedua, laci jangan cepat-cepat dikeluarkan dari pembungkusnya, tetapi dibiarkan lebih dahulu sehingga semua uap air yang menempel hilang. Laci yang dianggap sudah steril dari hama, sebaiknya dibuka dari pembungkusnya di dalam ruang koleksi.

2. Spesimen Basah

Penyimpanan spesimen basah capung menggunakan larutan alkohol 80%. Caranya adalah dengan menangkap capung dewasa dengan jaring serangga, kemudian dimasukkan ke dalam vial ukuran 2 ml atau 8 ml yang telah berisi alkohol 80% (Gambar 13.11A), tergantung besarnya capung. Satu vial berisi satu spesimen capung. Vial kemudian diberi label dari kertas yang bebas asam dan tahan alkohol, ditulis dengan pensil atau pena yang tintanya tahan larutan pengawet. Kertas label yang sudah lengkap dimasukkan ke dalam vial yang berisi spesimen. Biasanya cara preservasi seperti ini dilakukan apabila tidak banyak waktu di lapangan dan khawatir spesimen cepat rusak apabila diawetkan dengan cara kering.

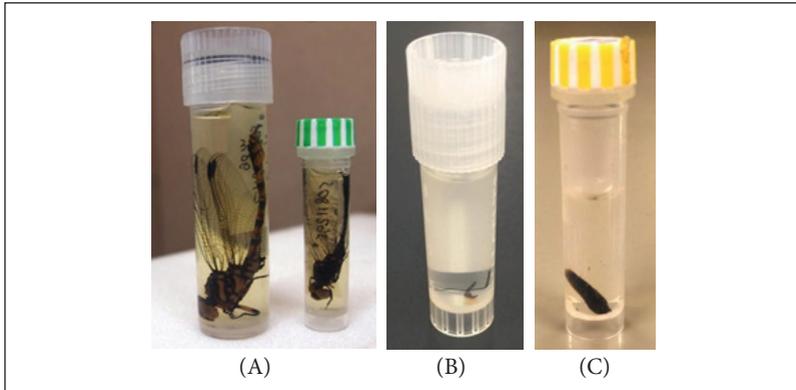
Spesimen nimfa capung mutlak harus disimpan dalam koleksi basah, karena tubuhnya yang lembut dan rentan rusak. Maka dari itu, koleksi larva capung dimasukkan ke dalam vial yang berisi alkohol 80%. Koleksi nimfa capung dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama, yaitu membolak-balikkan batu-batu di sungai atau menyisir tanaman air atau rerumputan dekat air dan larva langsung diambil dengan menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam vial. Cara kedua adalah dengan menggunakan jaring serangga air (*D-net*) (Gambar 13.10). *D-net* dipasang dengan posisi melawan arus air, tangkai jaring dipegang, sambil salah satu kaki kita menyapu dasar sungai agar larva yang menempel di batu atau berada di bawah pasir dapat melayang terbawa arus dan tertahan di jaring. Lakukan selama sekitar 5–10 menit, kemudian lihat ke dalam jaring, apabila ditemukan larva capung maka diambil dengan menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam vial yang telah berisi alkohol. Setelah itu beri label seperti yang diuraikan di atas. Sisa kerikil, serasah dan pasir atau larva serangga yang lain dikembalikan ke air.

Sumber: Darmawan (2005)

Gambar 13.10 Jaring serangga air (*D-net*) dipasang tegak melawan arus.

3. Sampel DNA

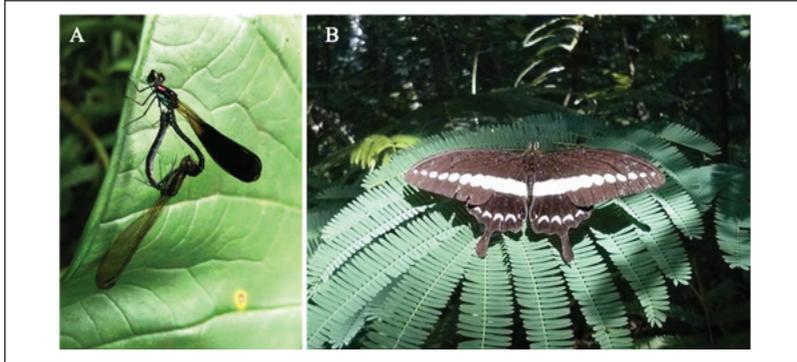
Baik nimfa capung maupun capung dewasa dapat digunakan sebagai sampel untuk analisis DNA dan molekuler. Caranya adalah nimfa dan capung dewasa disimpan dalam alkohol 96% di dalam botol atau vial terpisah. Satu vial untuk satu spesimen (Gambar 13.11B), untuk mempertahankan DNA masing-masing individu agar tidak rusak dan bercampur dengan individu lain. Apabila nimfa capung cukup besar (biasanya dari kelompok Anisoptera) maka yang diambil adalah bagian kaki belakang kiri saja. Kaki belakang merupakan kaki yang berukuran paling besar, silakan diambil salah satu sehingga pasangan kaki belakang yang tersisa masih tetap utuh pada tubuh nimfa, sebagai representasi penampakan morfologi sebuah spesimen. Apabila ukuran nimfa capung kecil, dapat ditambah dengan mengambil sedikit otot dibagian dalam, tempat persedian kaki belakang dengan badan agar mendapatkan jumlah DNA yang cukup untuk analisis molekuler. Prosedur yang sama juga dilakukan pada capung dewasa. Berbeda dengan sampel untuk kupu-kupu hanya bagian abdomennya yang

digunakan untuk analisis molekuler. Caranya dengan memotong bagian abdomen kupu-kupu yang baru saja mati, kemudian potongan dimasukkan ke dalam vial yang berisi alkohol 96%, sedangkan sisa tubuh yang terpotong dapat dijadikan awetan kering dan diberi kode label yang sama dengan yang di dalam vial (D. Lohman, komunikasi personal, 23 Juni 2013).

Ket.: A) Spesimen capung untuk koleksi basah dan analisis DNA; B) potongan kaki belakang capung sebelah kiri; dan C) potongan abdomen kupu-kupu.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.11 Spesimen Capung

C. Dokumentasi Gambar untuk Identifikasi

Koleksi spesimen capung dan kupu-kupu sangat penting untuk kebutuhan pengetahuan dan kajian ilmiah. Akan tetapi, di saat-saat tertentu, terkadang tidak memungkinkan untuk mengkoleksi spesimen kering maupun basah. Oleh karena itu, dokumentasi gambar capung dan kupu-kupu di alam dibutuhkan. Namun, gambar yang didokumentasikan adalah gambar yang jelas untuk keperluan identifikasi (Gambar 13.12).

Ket.: A) *Heliocypha fenestrata* (jantan dan betina) di kawasan Karst Menoreh, Kulon Progo, Yogyakarta; B) *Papilio demolion* (betina) di Lembang, Kabupaten Bandung Barat.

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.12 Capung dan Kupu-Kupu

Khusus kupu-kupu dalam bentuk spesimen, untuk keperluan identifikasi, sebaiknya kedua sayapnya direntangkan. Kadang-kadang capung juga perlu direntangkan untuk melihat karakter sayapnya agar lebih jelas. Sertakan penggaris sebagai pembanding ukuran spesimen yang akan difoto (Gambar 13.13).

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

Gambar 13.13 Contoh Dokumentasi Spesimen Kupu-Kupu untuk Keperluan Identifikasi

D. Pengepakan dan Pengiriman Spesimen

Membawa spesimen dari lapangan ke laboratorium adalah salah satu tahapan akhir dari rangkaian koleksi serangga dari lapangan. Teknik mengepak/mengemas dan membawa spesimen adalah bagian yang sangat penting untuk menjaga kualitas spesimen. Kerusakan spesimen akan berakibat fatal dan menjadikan spesimen tidak ada nilainya (Ubaidillah, 1999).

Untuk menjaga keselamatan spesimen dari goncangan dalam transportasi, kotak penyimpanan sementara yang berisi spesimen seharusnya dimasukkan dalam kotak berukuran lebih besar dan diberi penahan. Perlu diperhatikan bahwa sebelum dikemas, spesimen sebaiknya berada dalam keadaan kering. Di samping itu, juga perlu diperhatikan bahwa selama perjalanan gangguan semut jangan sampai terjadi. Untuk mengusirnya sebaiknya di dalam kotak diberi kamper/kapur barus dan *silica gel* untuk menjaga agar tidak lembap. Sementara itu, untuk spesimen capung yang disimpan di dalam botol sebagai koleksi basah sebaiknya dibungkus dan dimasukkan ke dalam wadah yang kuat, seperti kotak plastik kedap udara. Botol koleksi diatur sedemikian rupa sehingga mengurangi risiko terjadinya benturan dan bocor. Hal yang perlu diperhatikan di sini adalah dalam pengemasan, botol-botol padat tidak dapat bergoyang. Dengan demikian, diperlukan bahan penyekat atau penahan goncangan (Ubaidillah, 1999).

Daftar Pustaka

Alarape, A, A., Omifolaji, J. K., & Mwansat, G. S. (2015). Butterfly species diversity and abundance in University of Ibadan Botanical Garden, Nigeria. *Open Journal of Ecology 5,* 352–360.

Baskoro, K., Irawan, F., & Kamaludin, N. (2018). *Odonata Semarang Raya: atlas biodiversitas capung di kawasan Semarang*. Departemen Biologi, Universitas Diponegoro.

Irawan, A. & Rahadi, W. S. (2016) *Capung Sumba*. Balai Taman Nasional Manupeu Tanah Daru dan Laiwangi Wanggameti. Sumba.

Kalkman, V. J., & Orr, A. G. (2013). Field guide to the damselflies of New Guinea. *Brachytron 15*, 3–120. https://www.researchgate.net/publication/283085645_Field_guide_to_the_damselflies_of_New_Guinea.

Michalski, J. (2012). *A manual for the identification of the dragonflies & damselflies of New Guinea, Maluku, & the Solomon Islands*. Kanduanum Books.

Miller, P. L. (1995). *Dragonflies*. The Richmond Publishing Co. Ltd.

Noerdjito, W. A., Aswari. P, & Peggie, D. (2011). *Fauna serangga Gunung Ciremai*. LIPI Press.

Nugroho, A., Saputro, W. & Susanto, A. (2016). *Capung Cihuni, panduan visual mengenal capung Situ Cihuni*. Indonesia Dragonfly Society.

Orr, A. G., & Kalkman V. J. (2015). Field guide to the dragonflies of New Guinea. *Brachytron 17*, 1–154. https://www.researchgate.net/publication/288713432_Field_Guide_to_the_dragonflies_of_New_Guinea.

Prijono, S. N., Peggie, D., & Mulyadi. (2004). *Pedoman pengumpulan data keanekaragaman fauna*. Pusat Penelitian Biologi, LIPI.

Peggie, D. (2011). *Precious and protected Indonesian butterflies*, *kupu-kupu Indonesia yang bernilai dan dilindungi*. PT Binamitra Megawarna.

Peggie, D. (2014). *Mengenal kupu-kupu*. Pandu Aksara Publishing.

Peggie, D., & Amir, M. (2010). *Practical guide to the butterflies of Bogor Botanic Garden. Paduan praktis kupu-kupu di Kebun Raya Bogor*. Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI dan Nagao Natural Environment Foundation.

Rahadi, W. S., Feriwibisono, B., Nugrahani, M. P., Putri, B., & Makitan, T. (2013). *Naga Terbang Wendit, Keanekaragaman Capung Perairan Wendit, Malang, Jawa Timur.* Indonesian Dragonfly Society.

Schorr, M., Lindeboom, M., Paulson, D. R. (2019). World Odonata List. https://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list2/ [diunduh 22 Mei 2019].

Silsby, J. (2001). *Dragonflies of the world.* Smithsonian Institution Press.

Setiyono, J., Diniarsih, S., Husaini, Setianingrum, E. N., Rahadi, W. S., & Kamaludin, N. (2015). *Sisi lain Kendeng Utara, keanekaragaman*

capung, kupu-kupu dan burung Pegunungan Karst Kendeng Pati Jawa Tengah. Sheep Indonesia Foundation.

Setiyono, J., Diniarsih, S., Oscilata, E. N. R., & Budi, N. S. (2017). *Dragonflies Yogyakarta, jenis capung Daerah Istimewa Yogyakarta*. Indonesia Dragonfly Society.

Lupiyaningdyah, P. (2015). Capung (Odonata) di Kawasan Karst Menoreh dan Gunungsewu , Jawa Tengah dan Yogyakarta. Dipresentasikan pada *Simposium Perhimpunan Entomologi Indonesia* di Malang, 1–2 Oktober 2015.

Lupiyaningdyah, P. (2014) Preliminary result of dragonflies and damselflies from Kaimana Regency West Papua. Poster presented at the *4th International Symposium for Sustainable Humanosphere: A forum of the Humanosphere Science School (HSS) 2014*. Humanosphere Symposium No. 266. LIPI-RISH-Kyoto University-LAPAN. Bandung. December, 22–23, 2014.

Rowe, R. & Trueman, J. (2019a). The Odonata-Dragonflies and Damselflies. https://medusa.jcu.edu.au/Dragonflies/openset/displayChecklist.php?checklistid=7&Submit=Submit [diunduh 22 Mei 2019].

Rowe, R. & Trueman, J. (2019b). The Odonata-Dragonflies and Damselflies https://medusa.jcu.edu.au/Dragonflies/openset/displayChecklist.php?checklistid=8&Submit=Submit [diunduh 22 Mei 2019].

Rowe, R. & Trueman, J. (2019c). The Odonata-Dragonflies and Damselflies https://medusa.jcu.edu.au/Dragonflies/openset/displayChecklist.php?checklistid=9&Submit=Submit [diunduh 22 Mei 2019].

Rowe, R. & Trueman, J. (2019d). The Odonata-Dragonflies and Damselflies https://medusa.jcu.edu.au/Dragonflies/openset/displayChecklist.php?checklistid=19&Submit=Submit [diunduh 22 Mei 2019].

Ubaidillah, R. (1999). Pengelolaan koleksi serangga dan artropoda lainnya. Dalam Y. R. Suhardjono (Editor). *Buku pegangan pengelolaan koleksi*. (137-173). Balai Penelitian dan Pengembangan Zoologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI. CV. Riza Graha Jaya.

Lampiran 13.1 Label Spesimen.

Contoh:

a. Label Koleksi Spesimen Basah Capung

12.v.2015, Karst Menoreh, DIY, Grojogan Sewu. *Vestalis luctuosa* ♂ P. Lupiyaningdyah

b. Label Koleksi Spesimen Kering Kupu-Kupu

INDONESIA, Yogyakarta, Grojogan Sewu, 25.vi.2015, S 3° 41' 18.4" E 134° 3' 27.8" , alt. 500 m,asl. P. Lupiyaningdyah.

c. Label Koleksi Spesimen Kering Capung

MZB.Odon. ***Vestalis luctuosa*** (Burmeister, 1839) ♂ det by: P. Lupiyaningdyah, 2015 **INDONESIA** : Yogyakarta, Grojogan Sewu 3° 41' 18.4" S 134° 3' 27.8" E, Elevation: 500 m 12.vi.2015 Collected by: P. Lupiyaningdyah

Sumber: Lupiyaningdyah (2016)

BAB 14
Metode Pencatatan Data Tumbuhan

Edy Nasriadi Sambas

Eksplorasi dan inventarisasi merupakan kegiatan lapangan dengan melakukan perjalanan ke suatu lokasi untuk mengumpulkan tumbuhan yang menjadi target kegiatannya. Eksplorasi mempunyai tujuan mendapatkan material yang berkualitas (artinya koleksi lengkap bagian vegetatif dan bagian generatifnya), jarang dikoleksi oleh kolektor sebelumnya, atau bahkan merupakan koleksi baru. Eksplorasi mempunyai prinsip jumlah nomor koleksi sedikit tetapi lengkap (dengan bunga atau bagian generatif) akan lebih diutamakan daripada jumlah nomor koleksi banyak tetapi steril (hanya bagian vegetatifnya saja).

Sementara itu, inventarisasi pada prinsipnya melakukan koleksi semua tumbuhan, baik berbunga/berbadan buah maupun steril yang tumbuh di suatu lokasi. Target inventarisasi adalah untuk membuat *checklist* jenis, untuk mengetahui yang paling dominan di suatu vegetasi, atau tumbuhan yang mempunyai potensi. Namun, perlu diingat bahwa keakuratan hasil identifikasi pada tingkat jenis yang hanya berdasarkan pada material steril masih disangsikan (Rugayah dkk., 2004). Menurut Kepmenhut 86/Menhut-II/2004, inventarisasi flora adalah rangkaian kegiatan pengumpulan data untuk mengetahui keadaan dan potensi sumber daya hutan berupa flora serta lingkungannya secara lengkap (Winarto, 2012).

Data ekologi tumbuhan merupakan bagian dari data keanekaragaman tumbuhan sebagaimana halnya data taksonomi tumbuhan, etnobotani, fisiologi tumbuhan, fitokimia, serta plasma nutfah dan genetika tumbuhan. Pendekatan pengukuran tingkat keanekaragaman hayati umumnya dilakukan melalui metode *sampling* atau penarikan cuplikan. Dalam studi ekologi, dikenal berbagai macam metode *sampling* bergantung pada tujuannya. Secara garis besar metode *sampling* terdiri atas metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif lebih digunakan untuk memperlihatkan kecenderungan pola vegetasi dan secara rinci akan dijelaskan dalam bab metode kualitatif. Metode kuantitatif berkembang seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang menuntut untuk dapat memberikan nilai yang pasti sehingga diperoleh hasil lebih konsisten dalam menganalisis suatu kawasan vegetasi (Rugayah dkk., 2004).

Metode pengambilan sampel dan data ekologi tumbuhan dilakukan dengan pengambilan contoh yakni dengan pembuatan petak/plot ataupun tanpa petak. Sebelum menetapkan lokasi petak penelitian, biasanya dilakukan peninjauan umum (*reconnaissance*) kawasan. Kegiatan pengumpulan data ekologi tumbuhan berlanjut dengan melakukan analisis vegetasi. Berbagai aspek ekologi hutan di Indonesia termasuk analisis vegetasi diuraikan oleh Soerianegara & Indrawan (2005).

A. Metode Pencatatan Data Ekologi Tumbuhan

Data vegetasi mencakup data kuantitatif dan kualitatif. Kusmana (2017) menguraikan data kualitatif vegetasi terdiri dari (1) komposisi flora, (2) stratifikasi dan *aspection*, (3) fenologi, (4) vitalitas, (5) sosiabilitas, (6) *life-form* dan fisiognomi, dan (7) organisasi tropik, rantai makanan. Sedangkan data kuantitatif vegetasi mencakup pola distribusi, frekuensi, kerapatan, dan penutupan tajuk (dominansi). Untuk keperluan inventarisasi perlu dibedakan stadium semai (permudaan mulai kecambah sampai setinggi 1,5 meter), belta (diameter 2,0–9,9 cm diukur 50 cm dari permukaan tanah) dan pohon (diameter ≥ 10 cm diukur setinggi dada sekitar 1,3 m).

Pengumpulan contoh tumbuhan untuk pekerjaan ekologi yang biasa disebut sebagai spesimen bukti (*voucher specimens*) ekologi tidak harus selengkap seperti koleksi herbarium secara umum atau penelitian taksonomi tumbuhan. Untuk keperluan identifikasi cukup terdiri atas sebatang ranting beserta daun dan atau buah saja tanpa duplikat. Pengumpulan data dan informasi dalam metode kualitatif berupa deskripsi kondisi daerah kejadian. Deskripsi vegetasi meliputi spektrum bentuk hidup seperti yang dikembangkan oleh Raunkiaer (1937) dalam Mueller-Dumbois dan Ellenberg (2016) dan spektrum strategi reproduksi (Whitmore, 1984). Metode pengumpulan data ekologi tumbuhan yang dibahas dalam buku ini adalah metode petak/plot cuplikan dan metode tanpa petak. Penggunaan petak dibatasi pada metode kuantitatif, sedangkan yang tanpa petak dibatasi dengan metode kuarter atau titik pusat.

1. Metode Petak

Metode petak memang dikenal paling umum dipakai dan paling akurat dalam penelitian ekologi. Akan tetapi, metode ini juga dikenal mempunyai banyak kelemahan atau kesalahan, karena tidak mungkin mengumpulkan data vegetasi yang secara statistik dapat mewakili kawasan yang disurvei. Untuk mengatasi kesulitan dalam pencuplikan data, para ahli kehutanan dan ekologi telah mencoba memperkenalkan beberapa pengukuran yang dilakukan tanpa pembuatan plot atau petak cuplikan. Pencatatan data dilakukan pada titik-titik pengamatan dalam kawasan yang disurvei. Metode ini sangat cocok untuk tujuan penilaian cepat (*rapid assessment*). Sudah barang tentu diakui bahwa metode cepat ini juga memiliki banyak kelemahan dan kekurangan.

2. Metode Tanpa Petak

Metode tanpa petak (*plotless method*) yang sering diterapkan dalam pencuplikan vegetasi hutan tropis adalah metode tusuk sate (*point frame method*) dan metode titik pusat (*point centre method*) (Muller-Dombois & Ellenberg, 2016).

B. Metode Kuantitatif

Berbagai metode dan pendekatan secara kuantitatif telah diperkenal-kan. Metode ini dikenal untuk mendapatkan data dan penilaian yang lebih akurat serta konsisten tentang vegetasi hutan tropis. Berbagai pengukuran parameter dasar yang biasa dilakukan dalam menilai tumbuhan antara lain kerapatan, dominasi, frekuensi, biomassa atau produktivitas, dan perawakan diterapkan.

Pemilihan lokasi petak adalah salah satu faktor penting dalam eksplorasi baik yang akan dilakukan secara acak ataupun sistematis. Penetapan lokasi petak secara acak untuk komunitas hutan tropis akan menghasilkan validasi data yang sangat tinggi walaupun sangat sulit dilakukan.

Penentuan lokasi petak cuplikan biasanya dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor antara lain kondisi vegetasi, tipe tanah, geologi, sistem aliran sungai, dan bahkan mungkin dengan mempertimbangkan letak perkampungan.

Sebuah petak cuplikan idealnya mewakili vegetasi tumbuhan yang disurvei. Apabila vegetasi tumbuhan dapat ditentukan oleh komposisi jenis, berarti cuplikan yang ideal hendaknya secara statis-tik dapat diterima mewakili jenis-jenis yang ada. Untuk komunitas hutan tropis yang kaya jenis, penentuan luas minimum petak cuplikan merupakan hal yang sulit. Oleh karena itu untuk keperluan praktis, petak cuplikan dengan luasan satu hektare dianggap memadai. Bentuk petak cuplikan yang umum adalah lingkaran, bujur sangkar, empat persegi panjang dan berupa garis transek. Untuk tumbuhan tropis, bentuk persegi panjang berukuran 100 m x 50 m (0,5 Ha) banyak dipilih, sedangkan untuk petak permanen cenderung membuat petak bujur sangkar berukuran 100 m x 100 m (1 Ha).

Pembuatan cuplikan petak secara ringkas adalah sebagai berikut: dengan menggunakan kompas, tentukan arah untuk sumbu X dan Y berdasarkan arah mata angin dan tentu saja memperhatikan kondisi lokasi yang dipilih. Tentukan titik nol awal, kemudian tarik tambang/ tali rafia ke arah sumbu X dan Y dengan membentuk sudut 90°. Kemudian ukur garis sumbu X dan Y sesuai luasan yang ditentukan.

Parameter yang perlu dicatat dalam pencacahan pohon antara lain diameter batang setinggi dada (dbh = *diameter at breast height*) dengan menggunakan pita diameter (atau dikonversi dari pengukuran keliling dengan meteran biasa), tinggi total dan tinggi bebas cabang.

Contoh lembar data beserta parameter dan informasi lain yang umum dicatat untuk pohon (dbh > 10 cm) dan anak pohon (diameter dbh 2–9,9 cm) diukur 50 cm dari tanah) seperti yang tersaji pada Tabel 14.1 dan Tabel 14.2 (Partomihardjo & Rahajoe, 2004).

Tabel 14.1 Lembar Data untuk tingkat Pohon

No. petak	:	Tgl./waktu	:
Ketinggian	:	Temperatur udara	:
Kelerengan	:	Kelembapan	:
Arah lereng	:	Temperatur tanah	:
Tipe hutan	:	pH/RH	:
Lokasi	:	Pengumpul data	:

No	Nama lokal	Nama Ilmiah	DBH (cm)	Tinggi (m)	Bebas cabang (m)	Catatan

Sumber: Partomihardjo & Rahajoe (2004)

Tabel 14.2 Lembar Data untuk Tingkat Semai atau Jenis Terna Lain

No. petak	:	Tgl./waktu	:
Ketinggian	:	Temperatur udara	:
Kelerengan	:	Kelembapan	:
Arah lereng	:	Temperatur tanah	:
Tipe hutan	:	pH/RH	:
Lokasi	:	Pengumpul data	:

No	Nama lokal	Nama Ilmiah	Jumlah Individu	Penutupan (%)	Catatan

Sumber: Partomihardjo dan Rahajoe (2004)

C. Metode Kuarter atau Titik Pusat

Pencatatan data dilakukan pada setiap titik pengamatan. Penentuan letak titik pengamatan dilakukan secara sistematik sepanjang transek atau secara acak. Pada setiap titik pengamatan dibuat dua garis khayal yang saling tegak lurus sehingga terbentuk empat ruang atau kuadran.

Setiap pohon terdekat dengan titik pengamatan dari masing-masing kuadran dicacah dan dicatat jarak terhadap masing-masing titik pengamatan. Contoh perhitungan untuk metode titik pusat disajikan pada Tabel 14.3 (Data dikutip dari Soerianegara & Indrawan, 2005).

Tabel 14.3 Contoh perhitungan untuk metode kuarter/titik pusat, pada lima titik pengamatan, jarak antara titik pengamatan 20 m di Hutan Alam Resort PPA Gunung Tangkuban Parahu, 1977.

Titik pengamatan	Nomor kwadran	Jarak (m)	Nama jenis pohon	Diameter (cm)	Luas Bidang Dasar (m2)
1	1	8	*Schima wallichii*	64	0,3215
	2	6	*Vernonia arborea*	46	0,1659
	3	6	*Schima wallichii*	40	0,1255
	4	7	*Litsea* sp.	35	0,0959
2	1	6	*Astronia* sp.	42	0,1382
	2	9	*Eugenia* sp.	32	0,0804
	3	9	*Astronia* sp.	37	0,1073
	4	6	*Vernonia arborea*	41	0,1318
3	1	2	*Astronia* sp.	43	0,1450
	2	6	*Astronia* sp.	61	0,2918
	3	5	*Astronia* sp.	36	0,1016
	4	7	*Schima wallichii*	72	0,4068
4	1	9	*Schima wallichii*	85	0,6669
	2	6	*Schima wallichii*	48	0,1807
	3	10	*Schima wallichii*	61	0,2918
	4	15	*Astronia* sp.	32	0,0804
5	1	6	*Schima wallichii*	38	0,1133
	2	4	*Astronia* sp.	28	0,0615
	3	10	*Schima wallichii*	40	0,1255
	4	4	*Vernonia arborea*	26	0,0530
Total		141			

Sumber: Soerianegara & Indrawan (2005)

Contoh:

Berdasarkan data menurut Soerianegara & Indrawan (2005), ada lima titik pengamatan dengan jarak 20 meter setiap titik.

Hasil:

Rata-rata jarak = 141/20 = 7,05 m

Kerapatan absolut = Area/D^2 , dimana D jarak rata-rata

Jumlah pohon per hektare = $10.000/(7,05)^2$ = 10.000/49,7 = 201,2

Dominansi suatu jenis = kerapatan dari suatu jenis x nilai rata-rata dominansi dari jenis itu.

Spesies	Jumlah dalam kuadran		Jumlah pohon dalam 1 Ha
Eugenia sp.	1/20	= 0,05	0,05 x 201,2 = 10,1
Litsea sp.	1/20	= 0,05	0,05 x 201,2 = 10,1
Astronia sp.	7/20	= 0,35	0,35 x 201,2 = 70,4
Schima wallichii	8/20	= 0,40	0,40 x 201,2 = 80,5
Vernonia arborea	3/20	= 0,15	0,15 x 201,2 = 30,2
Jumlah			= 201,3

Spesies	Jumlah bidang dasar	Rata-rata bidang dasar (m2)		
Eugenia sp.	0,0804	0,0804/1	=	0,0804
Litsea sp.	0,0959	0,0959/1	=	0,0959
Astronia sp.	0,9258	0,9258/7	=	0,1323
Schima wallichii	2,1320	2,1320/8	=	0,2665
Vernonia arborea	0,3507	0,3507/3	=	0,1169

1. Dominansi dari:

Eugenia sp. = 0,0804 x 10,1 = 0,8120 m2

Litsea sp. = 0,0959 x 10,1 = 0,9686 m2

Astronia sp. = 0,1323 x 70,4 = 9,3139 m2

Schima wallichii = 0,2665 x 80,5 = 21,4533 m2

Vernonia arborea = 0,1169 x 30,2 = 3,5304 m2

$$\text{Dominansi relatif} = \frac{\text{Jumlah bidang dasar dari suatu jenis}}{\text{Jumlah bidang dasar dari semua jenis}} \times 100$$

Dominansi relatif dari:

Eugenia sp. = 0,8120/36,0782 x 100 = 2,3 %

Litsea sp. = 0,9686/36,0782 x 100 = 2,7 %

Astronia sp. = 9,3139/36,0782 x 100 = 25,8 %

Schima wallichii = 21,4533/36,0782 x 100 = 59,5 %

Vernonia arborea = 3,5304/36,0782 x 100 = 9,8 %

2. $\text{Frekuensi dari suatu jenis} = \frac{\text{Jumlah plot/titik diketemukannya suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot/titik}}$

Frekuensi dari:

Eugenia sp. = 1/5 = 0,2

Litsea sp. = 1/5 = 0,2

Astronia sp. = 4/5 = 0,8

Schima wallichii = 4/5 = 0,8

Vernonia arborea = 3/5 = 0,6

$$\text{Frekuensi relatif} = \frac{\text{Frekuensi dari suatu jenis}}{\text{Frekuensi dari seluruh jenis}} \times 100$$

Frekuensi relatif dari :

Eugenia sp. = 0,2/2,6 x 100 = 7,7 %

Litsea sp. = 0,2/2,6 x 100 = 7,7 %

Astronia sp. = 0,8/2,6 x 100 = 30,8 %

Schima wallichii = 0,8/2,6 x 100 = 30,8 %

Vernonia arborea = 0,6/2,6 x 100 = 23,1 %

$$3.\ \text{Kerapatan relatif} = \frac{\text{Jumlah pohon suatu jenis}}{\text{Jumlah pohon semua jenis}} \times 100$$

Kerapatan relatif dari :

Eugenia sp. = 10,1/201,3 x 100 = 5 %

Litsea sp. = 10,1/201,3 x 100 = 5 %

Astronia sp. = 70,4/201,3 x 100 = 35 %

Schima wallichii = 80,5/201,3 x 100 = 40 %

Vernonia arborea = 30,2/201,3 x 100 = 15 %

4. Indeks Nilai Penting = Frekuensi relatif + Dominansi relatif + Kerapatan relatif

Jenis	Dominansi relatif	Kerapatan relatif	Frekuensi relatif	Nilai Penting	Urutan nilai penting
Eugenia sp.	2,3	5	7,7	15	5
Litsea sp.	2,7	5	7,7	15,4	4
Astronia sp.	25,8	35	30,8	91,6	2
Schima wallichii	59,5	40	30,8	130,3	1
Vernonia arborea	9,8	15	23,1	47,9	3

D. Petak Permanen

Petak permanen adalah petak yang dibuat untuk pemantauan populasi dan dinamika pertumbuhan jenis-jenis tumbuhan yang berada di dalam petak. Di dalam petak permanen ini, biasanya dilakukan pengamatan secara teratur dalam kurun waktu yang ditentukan, misalnya setiap tahun. Contoh lembar data untuk pencatatan data ekologi petak permanen disajikan pada Tabel 14.4 dan Tabel 14.5 (dimodifikasi dari Partomihardjo & Rahajoe, 2004).

Lokasi:

Habitat:

Tanggal:

Ketinggian tempat:

Catatan: (diisi dengan kondisi tanah, topografi, bergelombang, berbukit, serta ciri khas yang lain).

Tabel 14.4 Contoh Pencacahan Data Lapangan pada Masing-Masing Plot

No	Plot	Sub Plot	Nama Daerah	Nama Ilmiah	Diam. (cm)	Tinggi (m)	Tbc	X	Y	Catatan
1	I	I.1								
2										
dst										

Tbc = Tinggi bebas cabang

Tabel 14.5 Contoh Tabel untuk Perhitungan Analisis Tumbuhan

No	Jenis	Basal area relatif (%)	Kerapatan Relatif (%)	Frekuensi Relatif (%)	Nilai Penting (NP) (%)
1					
2	.				
dst					
	Total	100	100	100	300

E. Pembuatan Spesimen Bukti

Spesimen bukti dalam penelitian ekologi tumbuhan penting untuk meyakinkan kebenaran hasil identifikasi yang dilakukan pelaksana survei ketika di lapangan. Spesimen bukti untuk kegiatan ekologi hanya meliputi sebatang/setangkai ranting dengan daunnya, tidak selengkap spesimen tumbuhan yang akan dijadikan herbarium untuk koleksi spesimen acuan. Namun, akan lebih baik bilamana memungkinkan melakukan koleksi lengkap (berupa daun, bunga, buah) sebagai spesimen bukti sehingga keakuratan identifikasi dapat lebih terjamin. Beberapa catatan tentang cara-cara pembuatan dan pengawetan contoh herbarium diuraikan oleh Kartawinata (1977) yang meliputi (1) perlengkapan/peralatan untuk mengumpulkan tumbuhan, (2) cara mengumpulkan, bagian tumbuhan yang mana dan berapa banyak yang dikumpulkan, (3) keterangan yang perlu diperoleh di lapangan, (4) cara mengawetkan tumbuhan, (5) cara membuat sebuah herbarium, dan (6) penyimpanan contoh-contoh herbarium.

Penanganan spesimen di lapangan secara ringkas diuraikan sebagai berikut:

- Setiap spesimen diberi label (etiket gantung),
- Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam lipatan kertas koran, dan
- Selanjutnya spesimen dimasukkan ke kantong plastik dan disiram dengan alkohol 70% hingga basah,
- Tutup kantong plastik dengan isolatif dengan rapat (https://onrizal.files.wordpress.com/2010/03 pembuatan herbarium dan pengenalan jenis pohon.pdf)

Dari spesimen bukti tersebut dapat dilakukan identifikasi. Identifikasi dapat dilakukan dengan cara menggunakan kunci determinasi atau melalui konfirmasi dengan spesimen koleksi acuan herbarium yang ada di Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Dapat juga dengan menggunakan buku-buku acuan seperti *Flora of*

Java, *Flora Malesiana,* dan *Index Kewensis*. Dengan demikian, hasil identifikasi yang dilakukan dapat dijamin akurat. Kesalahan dalam identifikasi dapat berakibat fatal dalam menyajikan hasil analisis vegetasi.

F. Hal-hal yang Perlu Diperhatikan

Sebelum melakukan kerja lapang ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar pekerjaan di lokasi tidak terganggu. Persiapan pengetahuan lokasi yang dituju, bahan dan alat yang akan digunakan perlu dilakukan dengan sebaik-baiknya, antara lain dengan:.

1. Mencari informasi atau pustaka tentang lokasi yang akan dikunjungi, berupa peta dan data lainnya.
2. Perlengkapan alat-alat lapangan seperti kompas, altimeter, alat untuk mengukur ketinggian pohon (Haga meter, clino meter, Vertex III), pita diameter, *caliper*, dan gunting stek.
3. Kelengkapan bahan-bahan misalnya tambang, tali rafia, alat tulis, label kertas, dan label plat aluminium (untuk petak permanen).

Daftar Pustaka

Cox, G. W. (2002). *General ecology laboratory manual*. Eight Ed. McGraw-Hill.

Kartawinata, K. (1977). Beberapa catatan tentang cara-cara pembuatan dan pengawetan herbarium. Dok. Herb. Kuswata No. 11. *Frontir*, *7*, 51–59.

Kusmana, C. (1997). *Metode survey vegetasi*. PT Penerbit Institut Pertanian Bogor.

Kusmana, C. (2017). *Metode survey dan interpretasi data vegetasi*. IPB Press.

Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. (2016). *Ekologi vegetasi: tujuan dan metode* (Judul Asli: *Aims and methods of vegetation ecology*) Alih Bahasa oleh Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi. LIPI Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia.

Partomihardjo, T. & Rahajoe, J. S. (2004). Pengumpulan data ekologi tumbuhan. Dalam Rugayah, E.A. Widjaja, & Praptiwi (Ed.). *Pedoman pengumpulan data keanekaragaman flora*. Pusat Penelitian Biologi LIPI.

Rugayah, Widjaja, E. A. & Praptiwi (Ed.). (2004). *Pedoman pengumpulan data keanekaragaman flora*. Pusat Penelitian Biologi LIPI.

Sambas, E. N., Partomihardjo, T., Santika, Y., Dirman & Sunardi. (2009). Analisa vegetasi dan kajian diversitas flora Gunung Endut sebagai dasar pengelolaan kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Banten. *Laporan Akhir* Program Insentif Departemen Pendikan Nasional & LIPI.

Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2005). *Ekologi hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan IPB.

Whitmore, T. C. (1984). *Tropical rain forests of the far east*, 2nd ed. Clarendon Press.

Winarto, B. (2012). Kamus rimbawan. Edisi revisi. Pusat Humas Kementrian Kehutanan bekerja sama dengan GIZ FORCLIME.

Analisis Vegetasi dan Kajian Diversitas Flora Gunung Endut, Sebagai Dasar Pengelolaan Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Banten (Sambas dkk., 2009)

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Gunung Endut yang merupakan bagian dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak, yaitu dalam Resort Cisoka, Wilayah Lebak Secara administratif daerah penelitian berada di Kabupaten Lebak, Banten. Penelitian di lapangan dilaksanakan dari April sampai Agustus 2009.

Bahan penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut: (a) Data citra digital satelit Landsat ETM tahun 2007 yang diperoleh dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak; (b) *Hardcopy* peta kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak skala 1:50.000 dan Citra QuikBird (Earthline) tahun 2006 dari GHSNP.MP-JICA; (c) Peta digital kontur, peta administrasi kawasan Gunung Endut, dan *hardcopy* peta jenis tanah dan curah hujan kawasan Gunung Endut yang diperoleh dari PPLH IPB; (d) Bahan untuk pembuatan herbarium: alkohol 70%, label gantung, sasak bambu, koran bekas, kertas karton, kantong plastik besar, kantong plastik berbagai ukuran, dan kantong plastik sampah/ kantong urea.

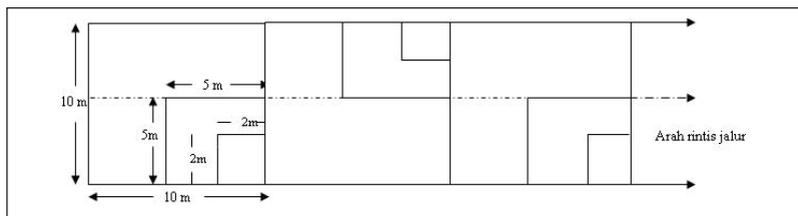
Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut: (a) Perangkat komputer desktop Pentium IV dengan RAM 512 Mb dan *harddisk* 60 Gb, perangkat lunak *Microsoft Office* 2007, *Arc View* ver.3.3 beserta file ekstensionnya, dan SPSS ver.13; (b) Alat pengecekan lapangan: GPS Garmin, *abney level*, kompas geologi, klinometer sunto, altimeter, dan hagameter; (c) Alat dokumentasi: kamera digital; (d) Peralatan inventarisasi vegetasi: kompas, meteran panjang (50 m), meteran pen-

dek (10 m) dari logam, pita diameter, *cutting pole* (tongkat pemotong ranting), gunting stek, dan patok-patok dari bambu/kayu; (e). Alat tulis menulis: pulpen, pensil 2B, spidol (biru, hitam, dan merah), buku lapangan, karet penghapus, penggaris biasa, stepler kecil dan isinya, serta kertas milimeter blok; (f) Alat pengecekan tanah: *soil tester* dan *ring* sampel; (g) Peralatan pengukur cuaca: termometer, higrometer, dan anemometer; dan (f) Peralatan jelajah lapangan: sepatu lapangan, jas hujan, lampu senter dan baterai, lampu petromaks, parang, dan pisau lapangan.

Penentuan Area Kajian di Kawasan Gunung Endut

Vegetasi di area penelitian dikaji dengan membuat plot ukur secara *systematic sampling*. Plot ukur tersebut berupa sebuah transek berukuran 10 m x 2000 m yang diletakkan pada empat tempat di kawasan Gunung Endut, yaitu di bagian utara, selatan, barat, dan timur sehingga seluruh kawasan Gunung Endut dapat terwakili. Titik awal peletakan jalur pada ketinggian 700 mdpl yang memotong tegak lurus topografi pada arah ketinggian dengan arah azimut 90° LU dan berakhir di puncak Gunung Endut (1297 mdpl).

Pada masing-masing transek dibuat plot-plot pengamatan berukuran 10 m x 10 m (data pohon) sebanyak 40 buah, dan di dalamnya dibuat lagi plot berukuran, 5 m x 5 m (data belta) dan 2 m x 2 m (data semai/herba) secara sistematis. Desain plot penelitian dapat dilihat pada Gambar 14.1

Ket.: Plot ukur ukuran 10 m x 10 m digunakan untuk pengambilan data pohon. Plot ukur ukuran 5 m x 5 m digunakan untuk pengambilan data belta. Plot ukur ukuran 2 m x 2 m digunakan untuk pengambilan data semai/herba.

Sumber: Sambas dkk. (2009)

Gambar 14.1 Desain Plot Pengamatan Vegetasi

Teknik Pengambilan Data Lapangan

Data primer diperoleh melalui pengamatan lapangan yang dilakukan di setiap plot. Data yang diamati adalah vegetasi tingkat pohon, belta, dan semai/herba. Pengambilan data tumbuhan pohon dilakukan di dalam plot ukuran 10 m x 10 m. Setiap pohon yang ada di dalam plot diukur diameternya pada ketinggian setinggi dada dan kemudian diidentifikasi sampai tingkat spesies. Selanjutnya, pada setiap pohon yang ditemukan di dalam plot, dicatat kehadiran maupun ketidakhadiran spesies tumbuhan dengan bentuk hidup liana dan epifit, serta ada atau tidaknya akar banir pada pohon tersebut.

Pada penelitian ini, yang dimaksud dengan tumbuhan pohon adalah semua tumbuhan berkayu dengan diameter setinggi dada (dbh) ≥ 10 cm. Ketentuan di dalam pengukuran diameter pohon adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran dilakukan pada setinggi dada (130 cm di atas permukaan tanah)
2. Untuk pohon yang berbanir lebih dari 130 cm di atas permukaan tanah, pengukuran dilakukan 20 cm di atas banir.
3. Pohon yang bercabang, apabila letak percabangan lebih tinggi dari 130 cm maka pengukuran dilakukan setinggi 130 cm (pohon dianggap satu), sedangkan apabila tinggi percabangan di bawah 130 cm dari permukaan tanah, pengukuran dilakukan terhadap kedua cabangnya (pohon dianggap dua).
4. Pengukuran diameter pohon yang berada pada permukaan tanah yang miring dilakukan di sebelah atasnya searah dengan menurunnya lereng.
5. Apabila setengah atau lebih dari garis menengah pohon tersebut masuk ke dalam plot, pengukuran terhadap diameternya dilakukan, namun jika sebaliknya tidak dilakukan.

Data tumbuhan belta diperoleh dari plot ukuran 5 m x 5 m. Data tumbuhan belta diperoleh dari plot ukuran 5 m x 5 m. Diameter belta adalah 2–< 10 cm dan diukur 50 cm dari permukaan tanah. Tum-

buhan bambu dan rotan diperlakukan seperti belta. Data tumbuhan semai/herba diperoleh dari plot ukuran 2 m x 2 m. Pengambilan data dilakukan dengan menentukan luas penutupan tajuk dari setiap tumbuhan herba yang ditemukan dan kemudian diidentifikasi sampai pada tingkat spesies. Tumbuhan herba adalah tumbuhan yang tidak memiliki bagian tubuh yang berkayu.

Dominansi vegetasi pohon dan belta ditentukan berdasarkan basal area, sedangkan untuk semai/herba, dominansi ditentukan berdasarkan luas penutupan tajuk terhadap plot pengamatan. Kerapatan yang diamati berdasarkan jumlah individu spesies yang hadir dalam setiap plot pengamatan. Pengamatan terhadap kerapatan tidak dilakukan untuk vegetasi herba. Frekuensi ditentukan berdasarkan kehadiran setiap spesies di dalam plot pengamatan. Data tumbuhan yang diambil juga termasuk data tumbuhan yang dibudidayakan oleh masyarakat setempat.

Data lingkungan abiotik yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Koordinat geografis dan ketinggian tempat dari plot pengamatan dengan menggunakan perangkat GPS dan altimeter.
2. Data tanah, yang dilakukan dengan cara mengambil contoh tanah utuh dan 2 contoh tanah biasa pada setiap blok pengamatan. Kedua contoh tanah biasa kemudian dicampur sehingga menjadi *composite sample*. Data pH dan lengas tanah ditentukan langsung di lapangan dengan menggunakan peralatan *soil tester*. Data tanah lain yang dianalisis adalah tekstur tanah, kandungan C organik total, N total, P,K, dan Al.
3. Data taksiran persentasi luas penutupan plot yang tidak bervegetasi yang terdiri dari: (a) tanah terbuka; (2) tertutup oleh lapisan serasah, dan (3) tertutup oleh bebatuan.
4. Data berbagai gangguan yang terjadi pada plot pengamatan, yang terdiri atas: (a) kebakaran, (b) penyakit tumbuhan, (c) herbivora oleh hewan domestik, (d) herbivora oleh satwa liar, (e) longsor, (f) banjir, (g) pembalakan liar, dan (h) perambahan. Data yang dikumpulkan berupa ada atau tidaknya kejadian gangguan pada

plot pengamatan. Data di atas diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan dan juga melalui keterangan penduduk di sekitar kawasan, dan dari petugas/jagawana Taman Nasional

5. Kemiringan dan panjang lereng plot pengamatan. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Meteorologi setempat berupa data klimatologi kawasan penelitian yang mencakup: (1) Curah hujan rata-rata tahunan (mm) dan (2) jumlah bulan kering dalam setahun. Data dari Dinas Kehutanan dan penduduk setempat berupa: (1) jenis-jenis satwa yang mendiami kawasan penelitian, (2) berbagai aktivitas manusia di kawasan penelitian, dan (3) peristiwa alam yang berlangsung pada kawasan penelitian.

Analisis Data

Langkah-langkah yang diperlukan untuk menghitung indeks nilai penting setiap spesies dilakukan dengan menggunakan serangkaian rumus-rumus yang dikemukakan oleh Cox (2002) dan Kusmana (1997) sebagai berikut :

$$\text{Kerapatan Mutlak} = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Luas petak contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\text{Kerapatan mutlak suatu spesies}}{\text{Kerapatan total seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi Mutlak} = \frac{\text{Jumlah sub petak conto suatu spesies hadir}}{\text{Jumlah seluruh petak contoh}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif} = \frac{\text{Frekuensi mutlak suatu spesies}}{\text{Jumlah Frekuensi seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi Mutlak} = \frac{\text{Jumlah luas penutupan suatu spesies}}{\text{Luas petak contoh}}$$

$$\text{Dominansi Relatif} = \frac{\text{Dominansi mutlak suatu spesies}}{\text{Jumlah dominansi seluruh spesies}} \times 100\%$$

Ketentuan yang digunakan dalam penentuan indeks nilai penting setiap strata adalah untuk pohon, belta, semai, dan herba. Indeks nilai penting dihitung dari kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Indeks nilai penting = kerapatan relatif + frekuensi relatif + dominansi relatif.

Untuk tumbuhan semai dan herba, indeks nilai penting dihitung dari dominansi relatif dan frekuensi relatif. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Indeks nilai penting = dominansi relatif + frekuensi relatif

Analisis Data Tanah

Data pH dan lengas tanah ditentukan langsung di lapangan dengan menggunakan peralatan *soil tester*, sedangkan data jenis diketahui melalui operasi tumpang susun antara peta jenis tanah kawasan Gunung Endut dan peta administrasi kawasan Gunung Endut. Data tanah lainnya yang dianalisis adalah tekstur tanah, kandungan C organik total, N total, P, K, dan Al. Analisis tanah selain pH dan lengas juga dilakukan.

Seluruh data lingkungan abiotik akan dijadikan data bertipe kategori sehingga dapat dimanfaatkan untuk penentuan unit asosiasi dari suatu tipe bervegetasi.

Analisis Spesies Tumbuhan

Spesies tumbuhan yang belum diidentifikasi secara langsung di lapangan akan diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Bidang Botani, Puslit Biologi LIPI dengan menggunakan *reference specimens*.

BAB 15

Metode Isolasi dan Identifikasi Mikroorganisme

Dian Alfian Nurcahyanto, Arif Nurkanto, & Atit Kanti

Mikroorganisme yang terdiri dari bakteri, *filamentous-jamur*, khamir, dan arkea merupakan kelompok organisme yang mempunyai jumlah individual paling banyak di bumi. Meskipun demikian, hanya sebagian kecil dari kelompok tersebut yang sampai sekarang telah diketahui dan diidentifikasi secara menyeluruh. Sebagai contoh, hanya sekitar 0,1–1% dari keseluruhan spesies bakteri yang ada telah dideskripsi, sedangkan selebihnya belum diketahui. Sebagian besar dari mikroorganisme tidak dapat dikultur dengan teknik yang ada pada saat ini (Colwell dkk., 1997). Mikroorganisme merupakan bagian penting dari ekosistem di bumi yang memiliki peran dalam fiksasi nitrogen, bioremediasi polutan, kesehatan tanah, kehidupan hewan dan tumbuhan, bahkan kehidupan manusia juga sangat tergantung pada aktivitas mikroorganisme. Rantai makanan tidak akan selesai tanpa peran dari mikroorganisme. Perkembangan bioteknologi modern membuka peluang bagi isolasi mikroorganisme baru dan peningkatan potensi yang dimiliki mikroorganisme. Hal ini dapat dimungkinkan karena tingginya sumber daya genetik dari keanekaragaman mikroorganisme (Navarro & Komagata, 1999). Indonesia sebagai negara yang mempunyai keanekaragaman hayati

sangat tinggi berpotensi untuk menjadi sumber ditemukannya jenis-jenis mikroorganisme baru.

Hanya beberapa kalangan di luar mikrobiologi yang mendiskusikan tentang konservasi spesies yang hanya bisa dilihat dengan mikroskop. Namun, para ahli mikrobiologi memiliki kekhawatiran akan hilangnya mikroorganisme yang struktur dan fungsinya mungkin tidak akan pernah dipelajari sebelum mereka menjadi punah. Kekhawatiran ini meningkat mengingat tingginya angka kerusakan hutan dan isu pemanasan global. Hal ini disebabkan oleh pentingnya keberadaan mikroorganisme tersebut bagi kesehatan ekosistem di bumi (Colwell dkk., 1997).

Mikroorganisme tanah merupakan kekuatan di balik transformasi bahan organik di tanah. Transformasi ini merupakan dasar dari dekomposisi tanaman, agregasi tanah, ketersediaan nutrien, kesuburan tanah, atau secara umum merupakan fungsi ekosistem tanah. Transformasi ini kemungkinan juga dapat dipengaruhi oleh keanekaragaman tanaman yang tumbuh di sekitarnya (Grüter dkk., 2006). Sebagaimana hubungan timbal-balik dalam ekosistem, tanaman juga sangat dipengaruhi oleh kehidupan organisme yang berada di sekitarnya, baik itu di dalam tanah, permukaan tanaman, maupun di dalam jaringan tubuh tanaman. Sebagai contoh, pada beberapa tanaman, jalur pembentukan metabolit sekunder tertentu ditentukan oleh infeksi dari mikroorganisme.

Banyak tanaman asli Indonesia yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Tanaman-tanaman tersebut merupakan sumber materi mentah bagi industri obat-obatan, makanan, kosmetik, dan berbagai macam industri lain. Peningkatan produksi biomassa dari spesies yang sangat berharga ini menjadi sangat penting apabila metode tersebut tidak melibatkan bahan kimia yang berbahaya, baik sebagai nutrien atau agen proteksi. Pemahaman yang menyeluruh dan jelas mengenai spesies mikroorganisme yang berhubungan dengan tanaman tersebut dapat meningkatkan hasil dan kualitas tanaman yang bernilai ekonomi tinggi ini (Karthikeyan dkk., 2008). Selain mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman, kelompok mikroorganisme lainnya

seperti mikroorganisme pada daerah ekstrem, mikroorganisme yang berasosiasi dengan invertebrata, dan sebagainya penting untuk dieksplorasi dan dikonservasi mengingat potensi kelompok mikroorganisme ini dalam kaitannya dengan industri berbasis bioteknologi.

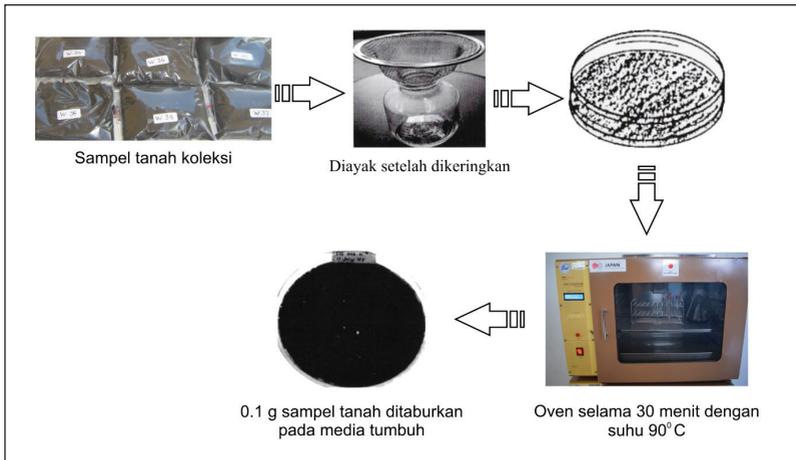
Analisis identifikasi yang dilakukan para peneliti sekarang mengacu pada teknik analisis *polyphasic taxonomy*. Analisis ini mengintegrasikan beberapa macam informasi dan data yang berbeda seperti fenotipik, genotipik, dan filogenetik dari organisme yang mengindikasikan tipe taksonomi konsensus. Validasi koleksi mikroorganisme menjadi salah satu tahapan penting untuk memberi identitas yang valid yang akan menjadi tambahan nilai penting bagi mikroorganisme yang diperoleh.

A. Metode Isolasi

Proses isolasi mikroorganisme dari lingkungan merupakan tahapan yang sangat penting. Tahapan isolasi ini harus dilalui secara baik dan benar terlebih dahulu sebelum dilakukannya tahapan identifikasi terhadap mikroorganisme yang diperoleh (Nurkanto dkk., 2008), baik secara morfologi maupun secara molekular. Beberapa proses isolasi yang umum digunakan di antaranya yaitu:

1. Metode Tabur (*Spread Method*)

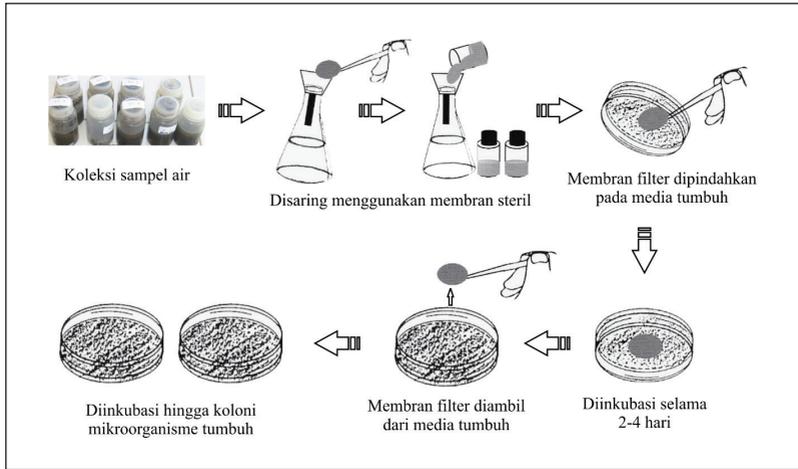
Metode tabur dikembangkan untuk mengeliminasi kontaminasi oleh mikroorganisme lain. Tahapan isolasi berawal dari sampel tanah yang telah diambil dan dikeringanginkan selama tujuh hari, sampel tersebut kemudian digerus dengan menggunakan mortar. Sampel yang telah halus diayak hingga diperoleh partikel tanah yang seragam. Sampel yang sudah halus kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 90°C selama 30 menit untuk mematikan mikroorganisme uniseluler yang tidak berspora. Tanah hasil pemanasan diambil sebanyak 0,1 gr dan ditaburkan merata pada permukaan media di dalam cawan petri yang telah diberi anti jamur dan anti bakteri gram negatif. Media yang telah diinokulasi sampel tanah, diinkubasi pada suhu 28°C selama

1–2 minggu. Koloni yang tumbuh, kemudian ditransfer ke media baru untuk mendapatkan koloni yang murni.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.1 Bagan Metode Tabur

2. Metode Membran Filter (*Filter Membrane Method*)

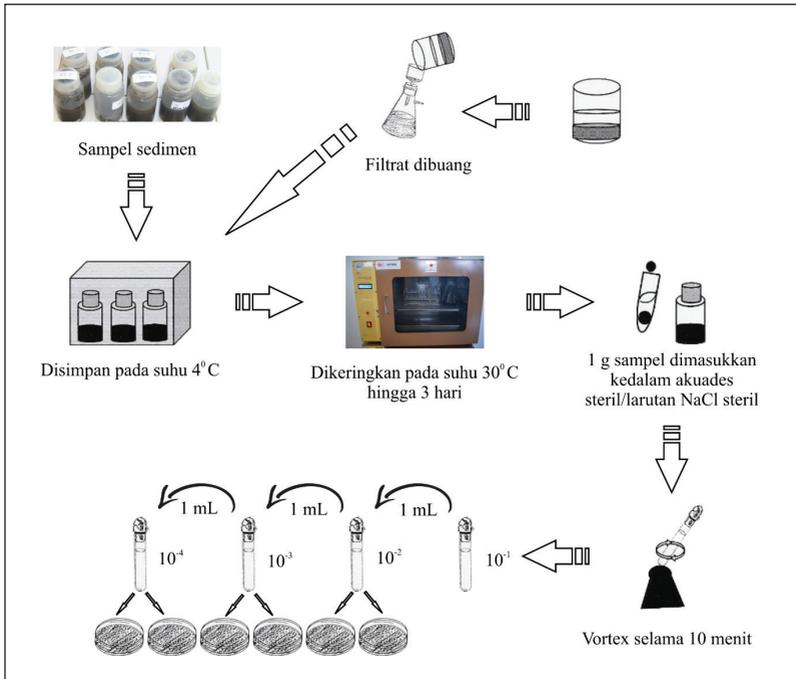
Porositas membran yang digunakan dalam metode ini dapat berupa tiga ukuran yaitu 0,22 µm, 0,30 µm, dan 0,45 µm. Metode ini bergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis. Sampel padat (tanah, serasah, kulit pohon) terlebih dahulu digerus dan diayak agar terbentuk partikel yang halus. Sampel yang telah dipersiapkan sebelumnya disebar di atas membran filter ester selulosa yang telah steril. Jika sampel dalam bentuk cair maka membran filter diletakkan pada corong dan *erlenmeyer* kemudian dimasukkan ke dalam corong melalui membran hingga seluruh cairan tersaring. Sampel yang telah disiapkan diletakkan di tengah membran filter, sekitar satu cm dari tepi membran, hal ini bertujuan untuk menjaga sampel supaya tidak bersentuhan langsung dengan permukaan media isolasi. Membran filter yang telah diberi sampel diletakkan di atas media dengan bagian bawah membran menempel pada permukaan media, kemudian

diinkubasi selama 2–4 hari. Membran diambil secara aseptik dengan menggunakan pinset steril, kemudian media yang terdapat pada cawan petri diinkubasi kembali hingga mikroorganisme yang diinginkan tumbuh.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.2 Bagan Metode Membran Filter

3. Metode Sedimen Kering (*Dry Sediment Method*)

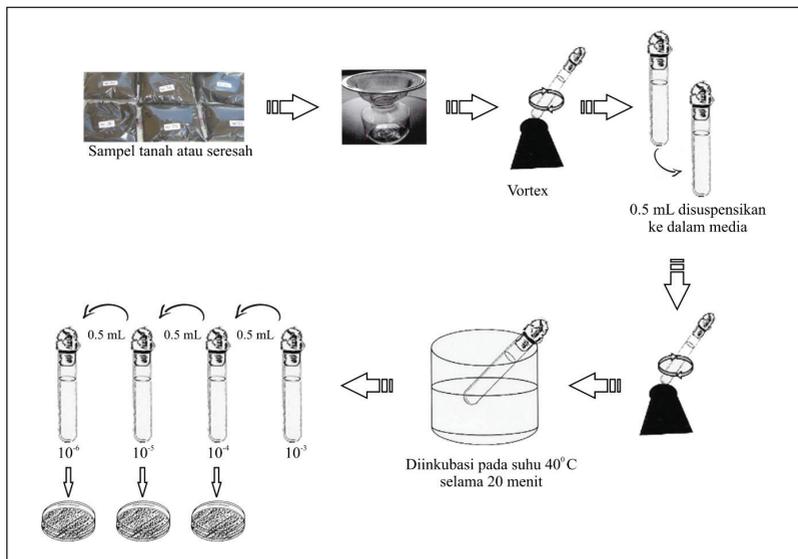
Metode ini khusus untuk mengisolasi Aktinomisetes dari sedimen perairan seperti laut, sungai, dan sampel dari kawah gunung. Sampel dikumpulkan dalam botol yang sudah disterilisasi. Jika masih bercampur dengan air maka sampel disaring terlebih dahulu. Sampel dikeringkan pada suhu 30°C hingga bobot kering konstan. Untuk pengeringan seperti ini diperlukan waktu sekitar 32–36 jam. Satu gram sampel kering dimasukkan ke dalam 9 ml larutan steril NaCl 145 mM, kemudian dihomogenasi dengan vortex selama 10 menit. Satu ml hasil, dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml larutan NaCl steril sehingga padatan yang diperoleh 10^{-1}. Tahapan pengenceran dilakukan hingga diperoleh kepadatan 10^{-2} sampai 10^{-6}.

Hasil pengenceran diambil 0,2 ml dan ditebar kedalam cawan petri berisi media Starch Casein Agar (SCA) dan sampel diratakan dengan spatula di dalam LAF pada keadaan steril. Cawan petri yang telah ditanami kemudian diinkubasi pada suhu 25°C selama 4 minggu.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.3 Bagan Metode Sedimen Kering

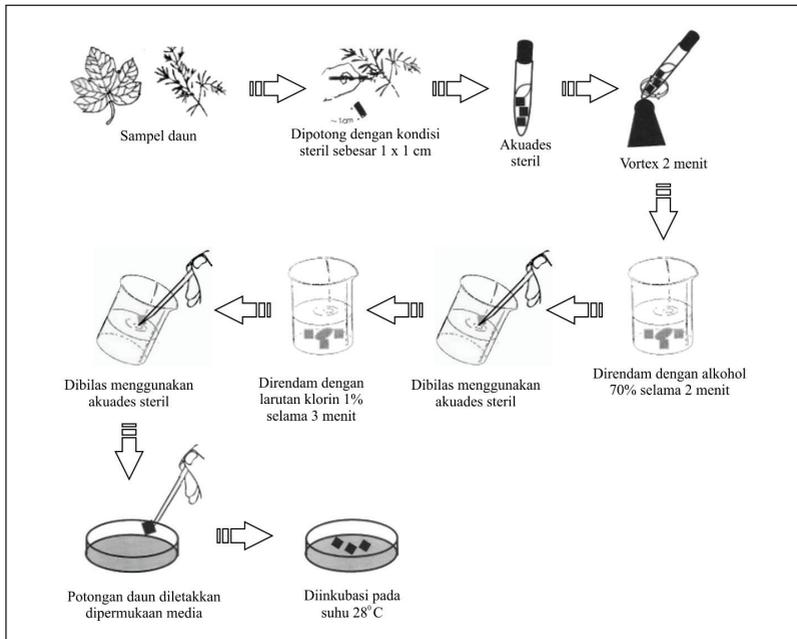
4. Metode SDS-YE (*SDS-YE method*)

Media *Sodium Dodecyl Sulfida* yang mengandung *Yeast Extract* (SDS-YE) dipersiapkan dengan melarutkan 0,5 g SDS dan 60 g YE ke dalam satu liter buffer fosfat 5 mM dengan pH 7, kemudian disterilisasi dengan autoklaf (121°C, 15 menit). Media tersebut digunakan untuk mengisolasi *Streptomyces* dari tanah atau serasah daun. Sampel yang diperoleh dibiarkan mengering pada ruangan selama 3–5 hari,

kemudian dihaluskan dan disaring. Sampel sebanyak 1 gram dilarutkan dalam akuades steril (9 ml) dalam tabung reaksi, dan dihomogenkan dengan menggunakan vortex selama 10 menit. Sebanyak 0,5 ml sampel yang telah dilarutkan disuspensikan kedalam tabung reaksi berisi 4,5 ml media cair SDS-YE, kemudian dihomogenkan dengan vortex selama 3 menit. Suspensi yang diperoleh diinkubasi menggunakan *waterbath shaker* pada suhu 40°C selama 20 menit. Sebanyak 1 ml suspensi yang sudah diinkubasi disuspensikan kedalam tabung berisi 9 ml akuades steril sehingga kepadatannya menjadi 10^{-1}. Pengenceran dilanjutkan lagi hingga diperoleh kepadatan 10^{-4} dan 10^{-6}. Supensi yang diperoleh diambil sebanyak 0,1–0,2 ml dan ditebar dalam cawan petri yang berisi media HVA (yang telah diberi anti jamur dan anti bakteri), kemudian diratakan. Pengerjaan secara keseluruhan dilakukan dalam LAF pada kondisi steril. Cawan petri yang telah diinokulasikan kemudian diinkubasi pada suhu 28°C sampai tumbuh koloni mikroorganisme.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

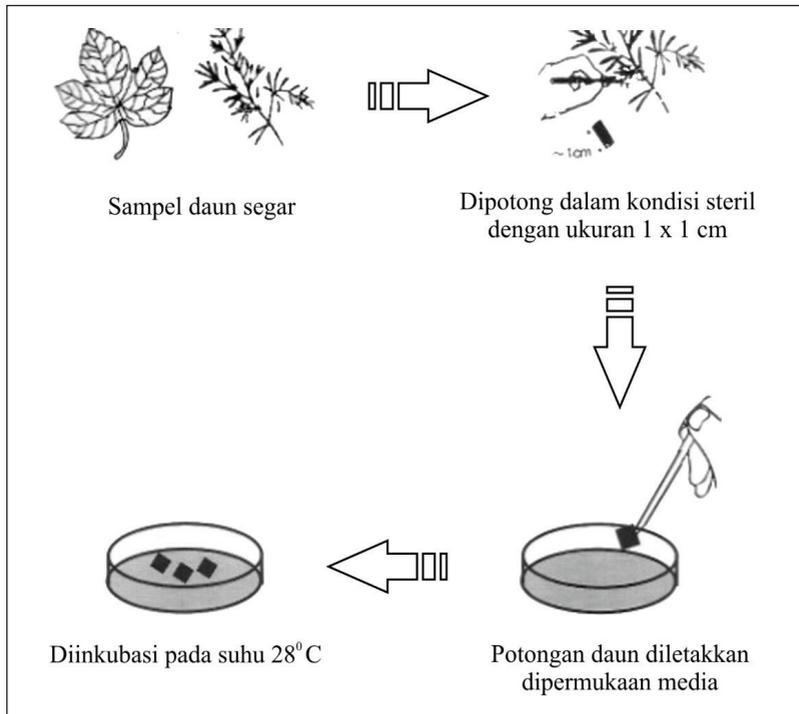
Gambar 15.4 Bagan Metode SDS YE

5. Metode Klorin

Mikroorganisme banyak tumbuh di permukaan daun yang masih segar. Daun segar yang telah dipetik dipotong 1 cm x 1 cm, dicuci, kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi akuades steril. Potongan daun diangkat dan direndam dalam larutan alkohol 70% selama 1 menit. Potongan daun dicuci kembali dengan menggunakan akuades steril, kemudian dilanjutkan dengan merendam dalam larutan klorin 1% selama 3 menit dan dicuci lagi dengan akuades. Daun yang telah dicuci diletakkan di atas media HVA atau GA-2, selanjutnya diinkubasikan selama 2–4 minggu pada suhu 28°C.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.5 Bagan Metode Klorin

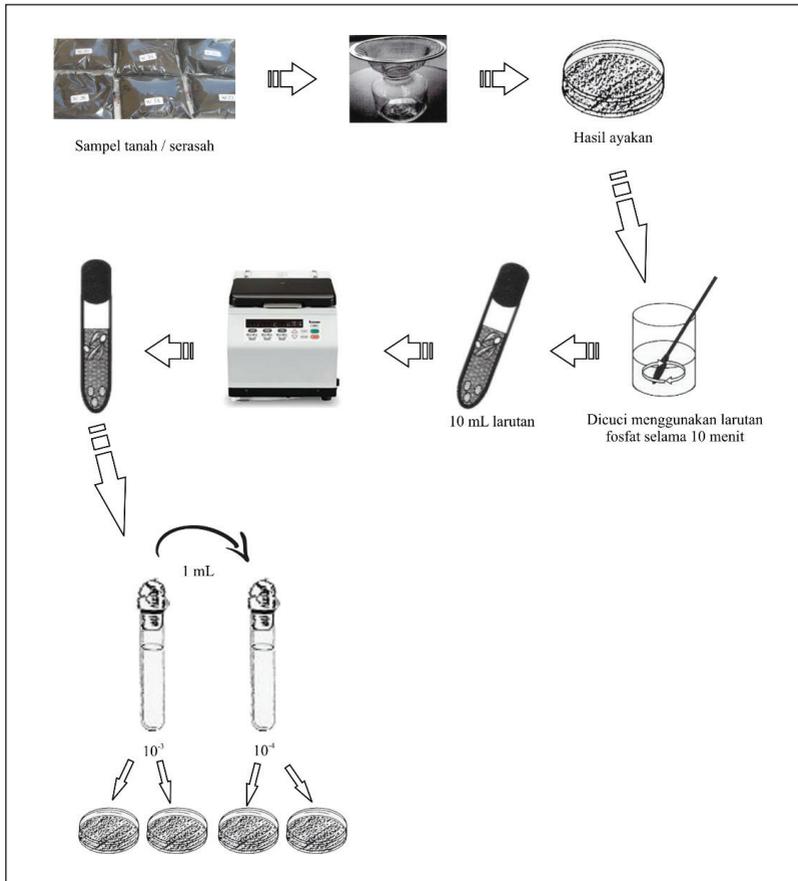
Mikroorganisme dapat diisolasi langsung dari sampel daun segar, sampel secara langsung ditanam di atas media. Daun segar dari pohon langsung masuk ke LAF. Sampel daun yang telah disteril dipotong

kecil (1 cm x 1 cm) dengan menggunakan pisau dan pinset steril. Daun diletakkan di atas cawan petri berisi media yang teksturnya lebih lembek (kandungan agar dikurangi dari biasanya) sehingga daun sedikit terbenam ke dalam media. Jenis media yang digunakan adalah media HVA atau GA-2. Inkubasikan sampel selama 2–4 minggu pada suhu 28°C.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.6 Bagan Metode Daun Sederhana

6. Metode Rehidrasi Sentrifugasi (*Rehidration Centrifugation Method*)

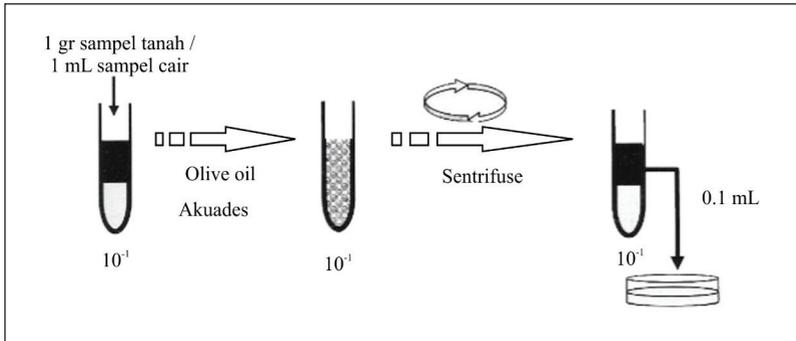
Kelompok mikroorganisme tertentu memiliki spora motil, yang disebut sebagai zoospore. Untuk memisahkan kelompok yang memiliki spora

motil dari yang tidak memiliki spora motil, dalam proses isolasi dapat dilakukan dengan sentrifugasi. Untuk proses tersebut perlu disiapkan larutan buffer fosfat yang mengandung 10% ekstrak (nutrisi) tanah. Sampel dari kebun yang subur dibersihkan dari unsur bukan tanah. Sebanyak 200 gram tanah segar tadi dimasukkan ke dalam labu ukur satu liter, kemudian ditambahkan 20 gram agar dan akuades sampai batas 1 liter. Kondisi pH dipertahankan antara 6,8–7. Labu ukur dimasukkan dalam autoklaf 121°C selama 15 menit, setelah dingin kemudian isinya disaring dan terbentuklah larutan ekstrak tanah. Larutan buffer fosfat 10 mM disiapkan menggunakan 9 bagian buffer tersebut ditambahkan 1 bagian ektrak tanah. Sampel tanah dikering anginkan pada suhu ruang selama 3–5 hari, digerus kemudian diayak sehingga mendapatkan partikel tanah yang seragam. Sebanyak 5 gr dimasukkan ke dalam wadah berisi 45 ml buffer fosfat, diaduk selama 10 menit, selanjutnya diinkubasi pada suhu 30°C selama 90 menit. Hasil inkubasi diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi. Kemudian tabung diputar pada kecepatan 1.500 x g (3.000 rpm) selama 20 menit. Tabung sentrifugasi dikeluarkan dan disimpan dalam posisi tegak selama 30 menit dengan tujuan untuk memberikan kesempatan spora motil yang mempunyai flagel berpindah dari endapan di dasar tabung sentrifugasi ke fase cair (supernatan) di atasnya. Setelah itu bagian supernatan dari tabung sentrifugasi dipipet sebanyak 1 ml dan ditambahkan kedalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril, digoyang dengan vortex dan didapatkan sediaan hasil pengenceran dengan kepadatan 10^{-1}. Kemudian pengenceran dilakukan hingga memperoleh kepadatan 10^{-3} dan 10^{-4}. Hasil pengenceran diambil sebanyak 0,2 ml, diinokulasikan kedalam medium HVA pada cawan petri, dan diratakan pada permukaan media dengan menggunakan spatula. Selanjutnya sampel diinkubasi sampai tumbuh. Dalam menyiapkan media HVA, beberapa macam bahan seperti cyclohexamide (0,05 mg), kabicidin (0,75 mg) dan nalidixic acid (4 ml) ditambahkan untuk setiap liter media.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.7 Bagan Metode Rehidrasi Sentrifugasi

7. Metode Pemisah Minyak (*Oil Separation*)

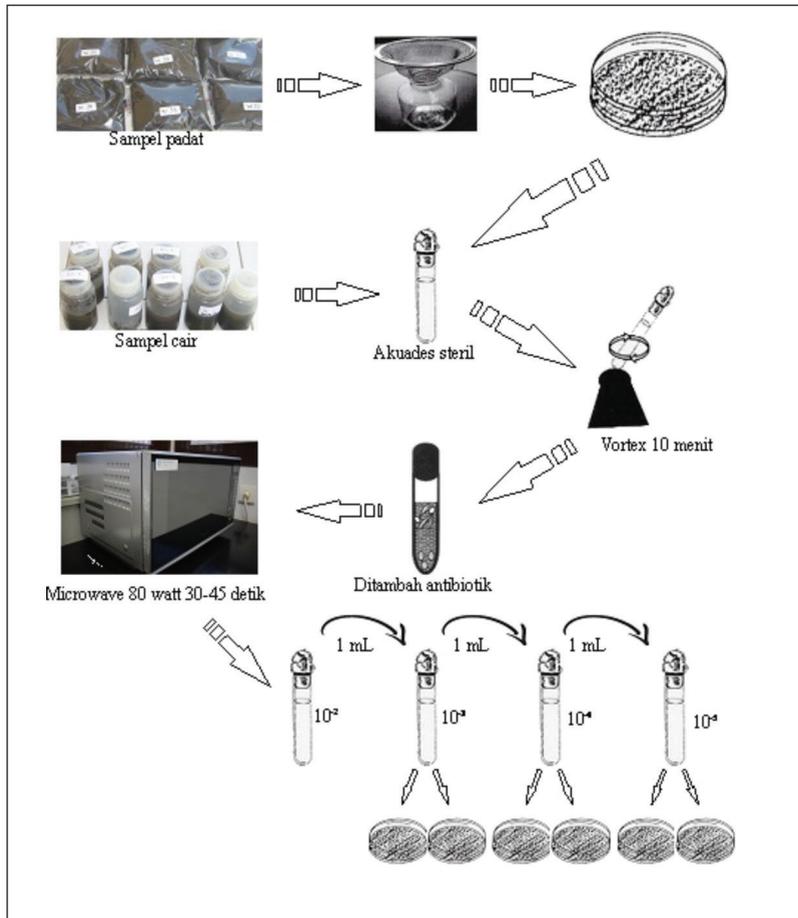
Metode ini cocok digunakan pada sampel padat, seperti tanah dan serasah, juga sampel cair maupun sedimen. Pada metode ini sampel padat dikeringkan 3–5 hari dan diayak halus, sedangkan sampel cair dapat langsung diisolasi tanpa melakukan pengolahan awal. Sampel padat diambil 1 gram atau sampel cair diambil 1 ml, kemudian

dimasukkan dalam tabung reaksi berisi 4,5 ml akuades dan 4,5 ml minyak zaitun. Homogenasi dengan vortex selama 5 menit lalu disentrifugasi 3.000 rpm (1.500 xg) selama 10 menit. Supernatan yang diinokulasikan sebanyak 0,1 ml ke media HVA dengan penambahan antibiotik *kabicidin* (0,75 mg/l), *nalidixic acid* (10 mg/l) dan *chlortetracycline* (50mg/l) kemudian diinkubasi pada suhu 28°C selama 2–6 minggu.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.8 Bagan Metode Pemisahan Minyak

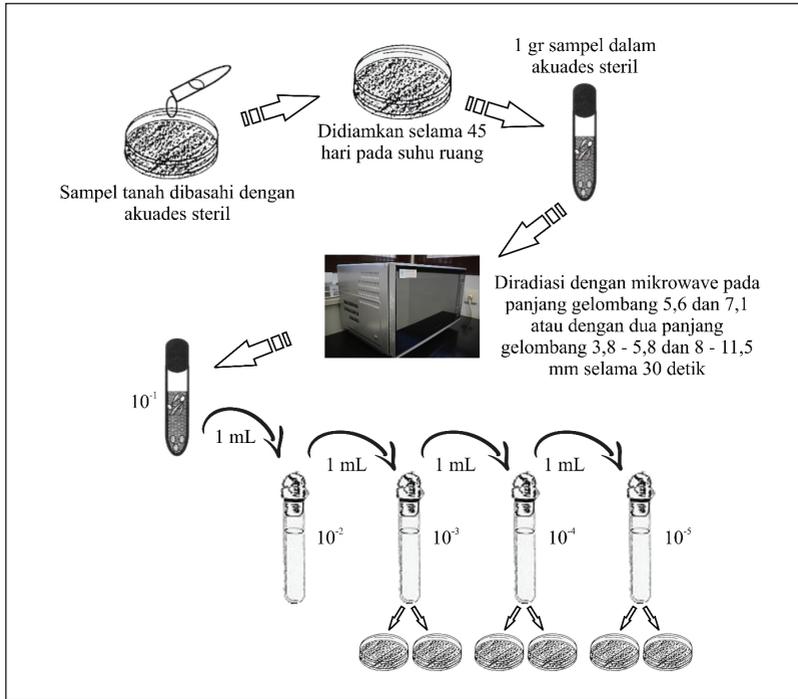
8. Metode Radiasi Frekuensi Tinggi (*Superhigh Frequency Method*)

Metode isolasi melalui pengembangan teknik radiasi SHF cukup sederhana dan efektif, serta cocok untuk sampel padat, cair, dan koloid. Untuk pelaksanaan isolasi dengan teknik ini, sampel padat dikeringkan selama 3–5 hari, sedangkan sampel cair dapat langsung digunakan. Satu gram sampel padat atau 1 ml sampel cair, dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril, kemudian dihomogenasi dengan vortex selama 10 menit. Selanjutnya lakukan iradiasi terhadap tabung di dalam *microwave* yang telah diatur pada frekuensi 2460 MHz, 80 watt, selama 30 sampai 45 detik. Antibiotik (10 ug/ml bakterisida *nalidixic acid*, dan 20 mg/ml jamursida levorin) dapat ditambahkan (4 ml) apabila diperlukan sebelum dilakukan radiasi. Pengerjaan berikutnya dilakukan didalam LAF, dengan 1 ml

sampel yang dimasukan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril. Kemudian dihomogenasi dengan vortex, dan diperoleh hasil pengenceran 10^{-1}. Pengenceran dilanjutkan sehingga diperoleh kerapatan menjadi 10^{-3} sampai 10^{-5}. Sampel diambil sebanyak 0,2 ml hasil pengenceran kemudian ditebarkan pada media GA-2 di dalam cawan petri, dan ratakan dengan menggunakan spatula steril. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 28°C selama 2–6 minggu.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.9 Bagan Metode Radiasi Frekuensi Tinggi

9. Metode Radiasi Frekuensi Ekstra Tinggi (*Extra High Frequency Method*)

Metode radiasi dengan frekuensi ekstra tinggi cocok digunakan untuk mengisolasi sampel padat seperti tanah dan serasah. Teknik kerja isolasi dilakukan terhadap sampel tanah yang dilembapkan dengan menambahkan akuades steril dan dibiarkan selama 45 hari untuk menginduksi perkembangan spora yang dorman. Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril, kemudian dihomogenasi dengan vortex selama 10 menit. Lalu dilakukan pemberian radiasi dengan *microwave* dari arah dasar tabung, dengan radiasi monokromatik 5,6 dan 7,1 mm. Radiasi dapat pula dilakukan dengan dua panjang gelombang 3,8–5,8 mm dan 8–11,5 mm. Frekuensi yang dipakai ini merupakan transmisi radiasi intensitas nontermal dengan amplitudo modulasi frekuensi 1 kHz, dengan durasi 20 detik. Tahapan selanjutnya dilakukan di dalam LAF, di mana 1 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril. Kemudian dihomogenasi dengan vortex dan diperoleh hasil pengenceran 10^{-1}. Pengenceran dilanjutkan sehingga diperoleh kerapatan menjadi 10^{-3} sampai 10^{-5}. Sebanyak 0,2 ml hasil pengenceran sampel di atas diambil, kemudian ditebarkan pada media GA-2 di dalam cawan petri dan diratakan dengan menggunakan spatula steril. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 28°C selama 2 sampai 6 minggu.

Sumber: Nurkanto dkk. (2008)

Gambar 15.10 Bagan Metode Radiasi Frekuensi Ekstra Tinggi

B. Identifikasi Mikroorganisme

1. Morfologi

Identifikasi morfologi hanya dapat dilakukan terhadap mikroorganisme jamur. Identifikasi karakter morfologi jamur didasarkan pada panduan (Barnett & Ingram, 1955), (Kobayashi, 1970), (Ellis, 1971), (Domsch, dkk, 1980), (Sutton, 1980), (Samson, dkk., 1995) dan (Barnet & Hunter, 1998). Identifikasi jamur dilakukan dengan mengamati ciri dan karakter morfologi baik secara makroskopis maupun secara mikroskopis dari koloni jamur yang ditumbuhkan di pada media temperatur ruang. Secara makroskopis karakter yang

diamati meliputi; warna dan permukaan koloni (granular, seperti tepung, menggunung, licin), tekstur, zonasi, daerah tumbuh, garis-garis radial dan konsentris, warna balik koloni (*reverse color),* dan tetes eksudat *(exudate drops)*. Pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan bantuan stereo mikroskop yang meliputi ada tidaknya septa pada hifa, pigmentasi hifa, *clamp connection*, bentuk dan ornamentasi spora (vegetatif dan generatif), bentuk dan ornamentasi tangkai spora.

2. Molekular

Ekstraksi genom mikroorganisme dapat dilakukan dengan menggunakan metode *guanidine thiocyanate*-EDTA-*sodium lauroyl sarcosinate* (GES) (Pitcher, dkk, 1989). Sebanyak tiga ose bakteri yang ditumbuhkan pada medium MRSA di cawan petri yang diinkubasi pada suhu ruang (28–30°C) selama tiga hari dimasukkan ke dalam *microtube* 1,5 ml kemudian ditambah 1 ml *buffer* TE. Sampel kemudian divortex selama 10 detik sampai homogen dan disentrifugasi 3.000 xg selama 15 menit kemudian supernatan dibuang. Pelet ditambah 50 µl larutan lisozim (50 µg/ml) dan dihomogenkan kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Selanjutnya 250 l reagen GES ditambahkan dan dicampur dengan pelan menggunakan pipet dan didiamkan selama 10 menit. Sebanyak 125 l *ammonium acetate* 7,5 M ditambahkan ke dalam sampel dan selanjutnya sampel diletakkan di es selama 10 menit. Sampel ditambah 500 µl *chloroform* dan dihomogenkan dengan cara dibolak-balik sebanyak 50 kali. Kemudian sampel disentrifugasi 9.300 xg selama 10 menit untuk memisahkan fase air dan fase *chloroform*. Fase air dipindahkan ke *microtube* baru dan ditambah isopropanol sebanyak setengah volume fase air, kemudian dihomogenkan dengan cara dibolak-balik sampai terlihat benang-benang DNA. Sampel disentrifugasi kembali dengan kecepatan 9.300 xg selama 10 menit dan supernatan dibuang. Pelet dari hasil sentrifugasi ditambahkan 1 ml alkohol 70% kemudian dihomogenkan dengan cara dibolak-balik lalu disentrifugasi 9.300 g selama 5 menit dan supernatan dibuang. DNA dikeringanginkan selama 30 menit kemudian ditambah 25 µl *buffer* TE (volume *buffer* TE disesuaikan dengan jumlah DNA yang diperoleh).

DNA yang diperoleh dicek menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 260 nm serta 280 nm. Nilai serapan perbandingan panjang gelombang 260/280 terbaik pada kisaran 1,8–2,0.

Amplifikasi PCR 16S rDNA untuk bakteri dan aktinomisetes per reaksi sebesar 25 µl menggunakan primer 27F : 5'- AG AG TTT GAT CCT GGC TCA G - 3' dan primer 1492R : 5' - GGT TAC CTT GTTA CGA CTT – 3'. Komposisi reaksi PCR antara lain: 12,5 µl *Go Taq 2x master mix* (Promega), 2,5 µl primer *forward* 10 µM dan 2,5 µl primer *reversed* 10 µM, 1l (10–100 ng) DNA *template,* 1 µl DMSO dan 5,5 µl *ultra pure water DNA/RNAse free*. Reaksi PCR menggunakan mesin PCR dengan predenaturasi pertama pada suhu 95°C selama 90 detik, dilanjutkan dengan 30 siklus yang terdiri dari denaturasi pada suhu 95°C selama 30 detik, penempelan primer pada suhu 50°C selama 30 detik dan ekstensi pada suhu 72°C selama 90 detik. Setelah 30 siklus selesai, diikuti fase pemanjangan pada suhu 72°C selama 5 menit dan pendinginan pada suhu 4°C selama 20 menit.

Amplifikasi PCR jamur dilakukan dengan volume total 25 µl terdiri dari campuran 10 µl akuades steril, 12,5 µl GoTaq Green Master Mix (Promega), 0.5 µl DMSO, 0,5 µl primer (10 pmol), dan 1 µl (konsentrasi 5 hingga 10 ng/µl) ekstrak genom DNA sebagai cetakan. Perangkat primer pada situs ITS1, 5.8S, dan ITS2 rDNA menggunakan primer ITS 4F 5`- TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC – 3` dan primer ITS 5R 5`-GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G –3`. Adapun perangkat primer pada *domain* D1/D2 subunit besar rDNA menggunakan primer NL1 5`-GCATATCAATAAGCGGAGGAAAAG-3` dan primer NL4 5`-GGTCCGTGTTTCAAGACGG-3` (White, Bruns, Lee, & Taylor, 1990). Amplifikasi PCR dilakukan dalam sebuah alat PCR TAKaRa PCR Thermal Cycler P650 (TAKARA BIO Inc.,) diprogram dengan kondisi berikut: denaturasi pada suhu 95°C selama 3 menit, pengulangan sebanyak 35 siklus dari pembukaan untai DNA pada suhu 95°C selama 30 detik, penempelan primer pada 55°C selama 30 detik, dan pemanjangan primer pada 72° C selama 1 menit. DNA yang teramplifikasi dengan baik selanjutnya dimurnikan untuk proses siklus sekuensing.

Amplifikasi PCR khamir dilakukan dengan menggunakan perangkat primer pada *domain* D1/D2 subunit besar rDNA menggunakan primer NL1 5`- GCA TAT CAA TAA GCG GAG GAA AAG -3` dan primer NL4R 5`- GGT CCG TGT TTC AAG ACG G - 3` (White et al., 1990). Amplifikasi PCR dilakukan dengan volume total 25 µl yang terdiri dari campuran 10 µl akuades steril, 12,5 µl GoTaq Green Master Mix (Promega), 0.5 µl DMSO, 0,5 µl primer (10 pmol), dan 1 µl (konsentrasi 5 hingga 10 ng/µl) ekstrak genom DNA sebagai cetakan. Kondisi program PCR yang digunakan yaitu denaturasi pada suhu 95°C selama 3 menit, pengulangan sebanyak 35 siklus dari pembukaan untai DNA pada suhu 95°C selama 30 detik, penempelan primer pada 55°C selama 30 detik, dan pemanjangan primer pada 72° C selama 1 menit. DNA yang teramplifikasi dengan baik selanjutnya dimurnikan untuk proses siklus sekuensing.

Proses amplifikasi arkea dilakukan dengan primer pada *domain* 16S rDNA menggunakan primer Ar 109 F 5' - ACK GCT CAG TAA CAC GT – 3' dan primer Ar 915 R 5' - GTG CTC CCC CGC CAA TTC C – 3'. Amplifikasi dilakukan dengan volume total 25 µl yang terdiri dari campuran 10 µl akuades steril, 12,5 µl GoTaq Green Master Mix (Promega), 0.5 µl DMSO, 0,5 µl primer (10 pmol), dan 1 µl (konsentrasi 5 hingga 10 ng/µl) ekstrak genom DNA sebagai cetakan. Proses amplifikasi dilakukan dengan kondisi denaturasi pada suhu 95°C selama 3 min, pengulangan sebanyak 35 siklus dari pembukaan untai DNA pada suhu 95°C selama 30 detik, penempelan primer pada 55°C selama 30 detik, dan pemanjangan primer pada 72°C selama 1 menit. DNA yang teramplifikasi dengan baik selanjutnya dimurnikan untuk proses siklus sekuensing.

Hasil amplifikasi dielektroforesis dalam agarose 1,2% selama 25 menit pada 100 V. Gel hasil elektroforesis direndam dalam larutan ethidium bromida selama 15 menit. Hasil amplifikasi DNA didokumentasi menggunakan *gel documentation system*. Ukuran pita DNA hasil amplifikasi PCR diukur menggunakan DNA *ladder* 100 bp.

Purifikasi produk PCR dilakukan dengan metode presipitasi. Produk PCR sebanyak 25 µl ditambah dengan 15 µl larutan PEG 6000

dan 6 µl *sodium acetate* 3 M dihomogenkan dengan cara dibolak-balik selama 10 menit dan dibiarkan 10 menit pada suhu ruang (28–30°C). Sampel disentrifugasi 16.100 xg selama 25 menit. Supernatan dibuang dan presipitat DNA dicuci dengan alkohol 70% sebanyak 100 µl dan dibolak-balik dengan pelan-pelan kemudian disentrifugasi 16.100 xg selama 5 menit. Pencucian dengan alkohol 70% dilakukan hingga dua kali. Presipitat DNA dikering anginkan selama 30 menit. DNA yang telah kering dilarutkan dalam 15 µl *ultra pure water DNA/RNAse free* dan disimpan pada suhu -20°C sampai waktu digunakan (Hiraishi dkk., 1991).

Cycle sequencing menggunakan primer yang terdapat pada region dari primer yang digunakan pada saat proses amplifikasi, primer yang dapat digunakan yaitu:

Tabel 15.1 Daftar Primer

Taksa	Nama Primer	Primer Sekuen (5' – 3')
Bakteri	27 F	AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG
	520 R	GTA TTA CCG CGG CTG CTG
	520 F	CAG CAG CCG CGG TAA TAC
	920 R	CCG TCA ATT CAT TTG AGT TT
	920 F	AAA CTC AAA TGA ATT GAC GG
	1492 R	GGT TAC CTT GTTA CGA CTT
Jamur	ITS 4	TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC
	ITS 5	GGA GTA AAA GTC GTA ACA AGG
Khamir	NL 4	GGT CCG TGT TTC AAG ACG G
	NL 1	GCA TAT CAA TAA GCG GAG GAA AAG
Arkea	Ar 109 F	ACK GCT CAG TAA CAC GT
	Ar 915 R	GTG CTC CCC CGC CAA TTC C

Sumber: (dari berbagai sumber)

Total volume reaksi *cycle sequencing* adalah 10 µl yang terdiri dari 0,5 µl BDT V 3.1 RRmix, 1,75 µl 5x seq *buffer*, 0,5 µl primer 10 µM, 1 µl (10 ng) DNA *template* dan *ultra pure water DNA/RNAse free* sampai

total volume 10 µl. Reaksi *cycle sequencing* dilakukan menggunakan mesin PCR diawali dengan predenaturasi pertama pada 96°C selama 1,5 menit dilanjutkan dengan 30 siklus yang terdiri dari denaturasi pada 96°C selama 30 detik, penempelan primer pada 50°C selama 5 detik dan ekstensi pada 60°C selama 1,5 menit. Setelah 30 siklus selesai, diikuti pendinginan pada 4°C selama 20 menit.

Purifikasi produk *cycle sequencing* dilakukan dengan mencampurkan 10 µl produk *cycle sequencing* dengan 1 µl *sodium acetate* 3 M (pH 5,2), 1 µl EDTA 125 mM (pH 8) dan 25 µl alkohol absolut kemudian dihomogenkan dengan cara dibolak balik. Sampel didiamkan selama 15 menit dan selanjutnya disentrifugasi 16.100 xg selama 25 menit pada suhu 4°C. Supernatan dibuang dan pelet dicuci dengan 50 µl alkohol 70% kemudian disentrifugasi ulang 16.100 xg selama 10 menit pada suhu ruang (28–30°C). Supernatan dibuang dan pelet dikering anginkan selama 5 menit. Pelet DNA yang sudah kering ditambah dengan 15 l Hi Di-*formamide* dan divortex. Sampel kemudian dipanaskan 95°C selama 2 menit dan segera didinginkan dalam es. Tahap selanjutnnya sampel sebanyak 15 µl diinjeksi ke *genetik analyzer* Applied biosystems 3130.

Data mentah hasil *sequencing* selanjutnya di-*trimming*/dianalisis dengan menggunakan program *Chromaspro*. *Alignment* dapat dilakukan dengan menggunakan program Clustal X, MEGA 7. Analisis filogenetik akan dilakukan dengan menggunakan pogram MEGA 7, NJ, dan PAUP 4b.10 (Swofford, 2002). Hasil *assembling* selanjutnya dikonfersi dalam bentuk FASTA format. Hasil sekuensing DNA dalam bentuk FASTA format selanjutnya di BLAST untuk mencari homologi secara *online* di pusat *database* DNA di DDBJ (http://www.ddbj.nig.ac.jp) dan atau NCBI (http://www.ncbi.nlm.nlh.gov/) (Sato, 2007, unpublished data).

Daftar Pustaka

Barnet, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). APS Press.

Barnett, A., & Ingram, M. (1955). Technique in the study of Yeast assimilation reactions. *Symposium on yeasts and alcoholic fermentations: Paper II*, 131–147. https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2672.1955.tb02070.x.

Colwell, F. S., Onstott, T. C., Delwiche, M. E., Chandler, D., Fredrickson, J. K., Yao, Q., Long, P. E. (1997). Microorganisms from deep, high temperature sandstones: constraints on microbial colonization. *FEMS Microbiology Reviews*, *20*, 425–435. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168644597000247.

Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, T. H. (1980). *Compendium of soil fungi*. 1–860.

Ellis, M. B. (1971). Dematiaceous hyphomycetes. X. *Mycological Papers*, *125*, 1–30. http://www.ascofrance.com/uploads/forum_file/1965-n103-Ellis-0001.pdf.

Grüter, D., Schmid, B., & Brandl, H. (2006). Influence of plant diversity and elevated atmospheric carbon dioxide levels on belowground bacterial diversity. *BMC Microbiology*, *6*, 1–8. https://doi.org/10.1186/1471-2180-6-68.

Hiraishi, A., Yanase, A., & Kitamura, H. (1991). *Polyphosphate Accumulation by Rhodobacter sphaeroides grown under different environmental conditions with special emphasis on the effest of external phosphate concentration*. *6*(1), 25–32. https://www.researchgate.net/publication/261756715_Polyphosphate_Accumulation_by_Rhodobacter_sphaeroides_Grown_under_Different_Environmental_Conditions_with_Special_Emphasis_on_the_Effect_of_External_Phosphate_Concentrations.

Karthikeyan, K. S., Polasa, H., Sastry, K. S., & Reddy, G. (2008). Metabolism of lysine-chromium complex in *Saccharomyces cerevisiae*. *Indian Journal of Microbiology*, *48*(3), 397–400. https://doi.org/10.1007/s12088-008-0047-9

Kobayashi, T. (1970). Taxonomic studies of Japanese Diaporthaceae with special reference to their life-histories. *Bulletin of the Government Forest Experimental Station Meguro*, 1–242. https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kanko/226-1.pdf.

Navarro, R. R., & Komagata, K. (1999). Differentiation of Gluconacetobacter liquefaciens and Gluconacetobacter xylinus on the basis of DNA base composition, DNA relatedness, and oxidation products from glucose. *The Journal of General and Applied Microbiology*, *Vol. 45*, 7–15. https://doi.org/10.2323/jgam.45.7

Nurkanto, A., Rahmansyah, M., & Kanti, A. (2008). *Teknik isolasi Aktinomisetes*. LIPI Press.

Pitcher, D. G., Saunders, N. A., & Owen, R. J. (1989). Rapid extraction of bacterial genomic DNA with guanidium thiocyanate. *Letters in Applied Microbiology*, *8*(4), 151–156. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1989.tb00262.x

Samson, M. L., Lisbin, M. J., & White, K. (1995). Two distinct temperature-sensitive alleles at the elav locus of *Drosophila* are suppressed nonsense mutations of the same tryptophan codon. *Genetics*, *141(3)*, 1101–1111. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1206833/.

Sato, H. (2007). *Molecular approaches for the identification of microorganisms*. Cibinong. Materi workshop tidak dipublikasikan.

Sutton, B. C. (1980). The Coelomycetes fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata. *CMI, Kew*, 1–696. https://www.cabi.org/isc/abstract/19801366283.

White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and Direct sequencing of fungal ribosomal rna genes for phylogenetics. Dalam *PCR Protocols*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1.

BAB 16

Inventarisasi Biota Karst dan Gua untuk Pengelolaan Spesimen

Yayuk R. Suhardjono, Hari Nugroho, Cahyo Rahmadi, Conni M. Sidabalok, Nova Mujiono, & Daisy Wowor

Buku ini merupakan buku ilmiah yang penting untuk panduan pengelolaan biota ekosistem karst dan tipe ekosistem lainnya, terutama dalam hal metode *sampling* dan penanganan koleksi biota di tengah kelangkaan buku sejenis di tanah air. Keistimewaan utama buku ini adalah bentuk penyajiannya yang komprehensif dan rinci secara ilmiah tetapi dalam bahasa yang sederhana sehingga dapat dipahami baik oleh praktisi maupun orang awam. Selain itu semua bab dalam buku ini ditulis oleh para ahli di bidangnya masing-masing berdasarkan kaidah ilmiah yang baku dan diperkaya dengan pengalaman praktis mereka terutama saat berkecimpung di ekosistem karst.

Buku ini dimulai dengan informasi mengenai pengenalan, definisi dan karakteristik gua karst (Bab 1), klasifikasi dan metode penelitian di gua karst (Bab 2), kemudian disusul oleh Bab 3–15 mengenai metode koleksi dan preservasi berdasarkan takson atau kelompok takson tertentu yang ditulis secara spesifik dan detail. Takson yang dibahas di buku ini beragam meliputi berbagai kelompok satwa, tumbuhan, dan mikroorganisme, terutama yang hidup di atau memiliki interaksi dengan ekosistem karst. Kelompok satwa merupakan kelompok terbesar dari biota yang disajikan di buku ini, mulai dari kelompok Invertebrata

(Artropoda, Moluska, dan Krustasea) sampai ke kelompok Vertebrata (Herpetofauna, Burung, dan Mamalia). Metode yang disajikan di buku ini meliputi metode yang sudah teruji hasilnya dan ditambah dengan metode yang terbaru di bidang yang bersangkutan. Informasi ilmiah yang disajikan di buku ini dapat dipertanggungjawabkan mengingat kepakaran para penulis yang sudah teruji dalam melakukan penelitian di ekosistem karst dan ekosistem lainnya. Oleh karena itu, buku ini dapat dijadikan rujukan ilmiah untuk metode penelitian biota di ekosistem karst dan ekosistem lainnya bagi pihak-pihak terkait seperti akademisi (mahasiswa, dosen, peneliti), penggiat konservasi (LSM dan lain-lain), pemerintah bahkan awam.

Pembakuan cara koleksi/pengumpulan biota perlu dibuat agar diperoleh spesimen yang standar, memenuhi syarat untuk dijadikan koleksi acuan. Koleksi spesimen yang tidak standar, tidak akan banyak gunanya, bahkan mungkin hanya akan menjadi sampah karena spesimen rusak (tidak lengkap bagian tubuhnya, membusuk) atau tidak dilengkapi data/informasi yang dibutuhkan untuk studi lebih lanjut. Di samping cara koleksi, cara pengemasan spesimen untuk dikirim atau dibawa dari lapangan ke laboratorium atau selama transportasi juga diungkapkan. Cara penanganan spesimen dari lapangan dan pengemasan selama transportasi yang buruk akan menentukan kualitas koleksi. Tidak jarang para pelaksana inventarisasi atau eksplorasi mendapatkan spesimen yang buruk ketika sampai di laboratorium akibat penanganan selama di lapangan dan pengemasan untuk transportasi tidak baku. Kesalahan yang fatal ini pada umumnya kurang disadari oleh para pelaku eksplorasi dan inventarisasi biota.

Secara keseluruhan buku ini mengisi kelangkaan informasi ilmiah di tanah air mengenai pedoman inventarisasi biota dan secara khusus memberikan sumbangan pengetahuan mengenai cara baku *sampling*, koleksi, dan penanganan spesimen berdasarkan pendekatan kelompok biota atau taksonnya yang tidak bersifat ekslusif berdasarkan tipe ekosistem tertentu. Buku ini akan sangat membantu para pemerhati keanekaragaman hayati untuk melakukan pengelolaan spesimen se-

cara baik dan benar sehingga dapat digunakan untuk kepentingan ilmu pengetahuan yang tidak terbatas hanya di kawasan karst tetapi juga termasuk tipe ekosistem lainnya.

Glosarium

Abdominal	:	Bagian perut dari hewan.
Adult	:	Hewan mamalia dewasa yang dicirikan dengan sudah terlihatnya puting susu untuk betina dan testis yang menggantung untuk jantan.
Agregasi	:	Sejumlah tumbuhan atau binatang yang merupakan suatu kesatuan dalam kelompok yang lebih besar.
Analisis vegetasi	:	Uraian tentang komposisi jenis dan struktur suatu vegetasi.
Anti tragus	:	Bagian yang menonjol dari bagian luar daun telinga kelelawar yang berbentuk tumpul atau bundar.
Arkea	:	Merupakan satu domain atau kerajaan mikroorganisme bersel satu. Mikrob-mikrob ini adalah prokariota, yang berarti arkea tidak memiliki inti sel atau organel yang dibatasi membran lainnya di dalam selnya. Arkea awalnya diklasifikasikan sebagai bakteri dan diberi nama archaebacteria (di kerajaan Archaebacteria)
Artropoda	:	Kelompok hewan yang tubuhnya bersegmen-segmen (beruas-ruas atau berbuku-buku), merupakan filum yang paling besar dalam kerajaan hewan yang mencakup serangga, laba-laba, udang, lipan, dan hewan sejenis lainnya.
Aspirator	:	Sebuah alat untuk mengumpulkan/mengoleksi Artropoda darat yang berukuran kecil. Bentuknya bervariasi dengan prinsip kerja menghisap spesimen masuk ke dalam

botol penampung. Perangkat ini sering digunakan untuk melakukan koleksi serangga kecil, terutama Hymenoptera, Hemiptera, dan Diptera yang berukuran kecil.

Bat detector : Alat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kelelawar dengan merekam suara ultrasonic yang dihasilkannya.

Bell hole : Bentukan atau morfologi di dalam gua (biasanya pada bagian atap) yang menyerupai lonceng.

Bentos : Kumpulan organisme air tawar atau air laut yang hidup melekat pada sedimen bagian bawah (epifauna), dan organisme yang menggali atau membenamkan diri ke dalam sedimen (infauna).

Bioremediasi : Penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan.

Bone disease : Kondisi cangkang yang mudah rapuh.

Capung : Kelompok capung Anisoptera yang bertubuh besar, saat istirahat kedua pasang sayap membentang, dan terbang sangat cepat.

Capung jarum : Kelompok capung Zygoptera yang bertubuh ramping, apabila berisitrahat kedua pasang sayapnya mengatup ke atas, dan terbang tidak begitu cepat.

Craniometric measurements : suatu metode pengukuran karakter morfologi tulang tengkorak kepala dari spesimen sebagai pendukung identifikasi.

Dead traps : Perangkap yang digunakan terhadap binatang target dan menyebabkan mati atau cedera.

Dorman : Terhambatnya pertumbuhan (perkembangan) untuk sementara waktu meskipun keadaan lingkungannya sebenarnya bersifat menunjang (air dan cahaya cukup serta suhu naik).

Dorsal : Bagian sisi punggung pada tubuh hewan.

Dry specimen : Spesimen kering yang proses pengawetannya hanya terdiri dari bagian kulit, jari-jari kaki depan dan belakang serta ekor dan sudah diisi dengan kapas di bagian dalamnya.

Ekolokasi : Kemampuan kelelawar (terutama kelompok pemakan serangga), paus, dan lumba-lumba untuk mengenali

objek di sekitarnya dengan menggunakan pantulan gelombang suara yang dihasilkan.

Eksuvia : Bagian kutikula yang ditinggalkan pada proses metamorfosis serangga.

Emergence : Proses kelelawar keluar dari tempat bertenggernya (roosting), misalnya keluar dari gua.

Fenotipik : Suatu karakteristik (baik struktural, biokimiawi, fisiologis, dan perilaku) yang dapat diamati dari suatu organisme yang diatur oleh genotipe dan lingkungan serta interaksi keduanya.

Fiksasi : Prosedur histologis yang dimaksudkan untuk: (1) mematikan dengan cepat dengan meminimalkan gangguan terhadap detail sitologi; (2) mencegah autolisis; (3) mencegah aktivitas mikrob; dan (4) meningkatkan indeks refraksi jaringan.

Filogenetik : Diagram percabangan atau "pohon" yang menunjukkan hubungan evolusi antara berbagai spesies makhluk hidup berdasarkan kemiripan dan perbedaan karakteristik fisik dan/atau genetik.

Flagel : Alat gerak (motil organ) berbentuk cambuk pada sejumlah organisme ber sel satu. Suatu individu dapat memiliki satu atau lebih flagella.

Flagging tape : Tanda berupa pita yang berfungsi sebagai penanda lokasi diletakkannya perangkap disuatu tempat, pita biasanya berwarna kontras dengan kondisi sekitarnya.

Flyway : Jalur atau lintasan terbang.

Foraging : Aktivitas mencari pakan.

Foraging area : Tempat atau area untuk mencari pakan.

Genotipik : Komposisi pewarisan individu dengan ataupun tanpa ekspresi fenotip dari satu atau beberapa sifat.

Grab/dredge : Alat untuk mengambil sampel sedimen pada dasar perairan.

Granular : Keadaan permukaan atau massa benda yang unsur-unsurnya berupa serbuk-seruk membulat yang halus.

Guano : Kotoran kelelawar.

Habitat : Tempat hidup yang alami/asli bagi tumbuhan dan hewan.

Hand counter : Alat penghitung yang digenggam yang digunakan dalam proses penghitungan.

Herbarium	:	Koleksi spesimen tumbuhan yang telah dikeringkan, biasanya disusun berdasarkan sistem klasifikasi.
Host	:	Hewan inang dimana endo dan ektoparasit ditemukan.
Identifikasi	:	Tahapan dalam ilmu taksonomi yang mempelajari tentang penetapan suatu jenis organisme yang sama atau segolongan dengannya yang telah diketahui dalam buku kunci.
Inguinal	:	Bagian dari hewan di antara dua kaki belakang sampai ujung tubuh.
Inokulasi	:	Pembiakan bakteri pada suatu perbenihan.
Inventarisasi	:	Pendataan keanekaragaman jenis.
Inventarisasi tumbuhan	:	Serangkaian kegiatan pengumpulan data untuk mengetahui keadaan dan potensi sumber daya hutan berupa flora serta lingkungannya secara lengkap.
Jaring kabut	:	Jaring yang terbuat dari bahan khusus (nilon atau poliester) yang digunakan untuk menangkap burung atau kelelawar. Sering disebut juga dengan istilah *mist nets* (dalam bahasa Inggris).
Juvenile	:	Tahap pertumbuhan individu yang masih stadium anakan.
Khamir	:	Mikroorganisme uniseluler, meskipun beberapa spesies dapat menjadi multiseluler melalui pembentukan benang dari sel-sel *budding* tersambung yang dikenal sebagai hifa semu (*pseudohyphae*), seperti yang terlihat pada sebagian besar kapang. Beberapa jenis khamir dapat mencapai ukuran lebih 40 µm. Sebagian besar khamir bereproduksi secara aseksual dengan mitosis dan dengan pembelahan sel asimetris.
Koleksi acuan	:	Koleksi herbarium yang lengkap, meliputi bagian vegetatif dan bagian generatifnya yang menjadi acuan untuk identifikasi tumbuhan.
Krustasea	:	Binatang beruas merupakan anggota dari Artropoda, tidak bertulang belakang dan bernapas dengan insang.
Latitude	:	Posisi pada garis lintang bumi.
Life traps	:	Perangkap yang digunakan terhadap hewan dalam kondisi masih hidup.
Longitude	:	Posisi pada garis bujur bumi.

Lydekker : Garis imajiner yang memisahkan daerah Wallacea dengan daerah Indonesia Timur.

Material steril : Material herbarium yang tidak lengkap karena terdiri atas sebatang ranting beserta daun dan atau buah saja tanpa duplikat.

Mikro-habitat : Bagian dari habitat yang besar, misalnya kolam dapat merupakan bagian dari suatu perairan.

Niche : Relung suatu spesies di dalam ekosistem berdasarkan peranan dan habitat spesies tersebut di komunitasnya.

Nimfa : Fase dalam siklus hidup serangga yang paling awal, sering pula disebut larva. Larva capung hidup di air.

Nokturnal : Aktif di waktu malam hari.

Parasit : Organisme renik yang hidup di luar/di dalam tubuh organisme lain dan merugikan organisme yang ditumpanginya.

Perangkap harpa : Alat untuk menangkap kelelawar yang menyerupai bentuk alat musik harpa, dengan beberapa lapis senar dan memiliki kantong di bagian bawah sebagai tempat untuk menampung kelelawar yang terperangkap.

Perangkap Sherman dan Kasmin : Jenis perangkap hidup, biasa dilakukan untuk tikus, cecurut, dan hewan mamalia kecil darat lainnya.

Petak permanen : Petak yang dibuat untuk pemantauan populasi dan dinamika pertumbuhan jenis-jenis tumbuhan yang berada di dalam petak.

Pitfall trap : Jebakan berupa lubang yang dibuat dengan menanamkan ember ke dalam lubang tersebut. Bisa dipakai untuk binatang merayap di permukaan tanah seperti tikus, serangga, dan kadal.

Plastik *Ziplock*: Plastik dengan perekat pada kedua sisi atasnya yang dapat dibuka dan tutup.

Polyphasic : Setelah beberapa fase hidup bersama/setelah beberapa puncak berturut aktivitas.

Predator : Hewan pemangsa.

Reference calls : Referensi suara dari setiap jenis kelelawar yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam identifikasi.

Roosting : Kondisi istirahat. Sering digunakan untuk menunjuk tempat dimana kelelawar beristirahat.

Sampling/ penarikan cuplikan : pembuatan petak/plot ataupun tanpa petak pada sebagian luasan untuk menaksir potensi yang ada pada luas keseluruhan sebenarnya.

Scrotal : Kondisi testis yang siap untuk berkembang biak dan biasanya sudah dalam posisi menggantung.

SEABCRU : Singkatan dari Southeast Asian Bat Conservation Research Unit, yang merupakan perkumpulan dari para peneliti kelelawar di kawasan Asia tenggara.

Skinning : Proses pengulitan spesimen dan pemisahan dengan bagian dalamnya untuk dijadikan spesimen kering.

Skulling : Proses pengeluaran tulang tengkorak spesimen dari kulit dan bagian badan.

Sortir : Memilih yang diperlukan dan membuang yang tidak diperlukan.

Spesimen : Individu hewan, tanaman, sepotong mineral, dll., yang digunakan sebagai contoh dari spesies atau tipe untuk studi ilmiah atau *display*.

Spesimen bukti : Herbarium yang tidak mesti lengkap terdiri atas sebatang ranting beserta daun dan atau buah saja tanpa duplikat.

Sub adult : Kondisi hewan stadium muda yang dicirikan dengan organ reproduksi yang belum berkembang.

Terestrial : Hal yang berkaitan dengan daratan atau bumi.

Tissue : Jaringan organ bagian dari tubuh hewan yang diambil sebagai sampel.

Tragus : Bagian yang menonjol dari dalam daun telinga kelelawar, berbentuk seperti tongkat.

Transek : Jalur yang akan diisi oleh rangkaian petak-petak *sampling*, umumnya tegak lurus kontur, garis pantai atau sungai.

Ultrasonic : Di luar ambang batas pedengaran manusia, lebih dari 20kHz.

Ultrasonic cleaner : Alat untuk membersihkan dengan menggunakan gelombang ultrasonik.

Vektor penyakit : Organisme yang tidak menyebabkan penyakit tetapi menyebarkannya dengan membawa patogen dari satu inang ke yang lain.

Ventral : Bagian sisi perut atau bawah dari hewan.

Wallacea : Merupakan garis hayal yang membatasi persebaran jenis fauna di wilayah barat (tipe asiatis) dengan wilayah tengah (tipe peralihan).

Weber : Merupakan garis hayal yang membatasi sebaran jenis fauna dari Pulau Sulawesi dengan Wilayah Maluku dan Papua.

Wet specimen : Spesimen basah, merupakan proses pengawetan spesimen dengan kondisi terendam dalam alkohol 70%.

Wing puncher : Alat yang digunakan untuk mengambil sampel sayap pada kelelawar dengan cara melubangi sebagian kecil dari sayap tersebut.

Zoospore : Spora aseksual motil yang ditemukan pada alga, jamur, dan protozoa. Mereka diproduksi dalam struktur aseksual yang disebut zoosporangium. Mereka menggunakan flagella untuk penggerak mereka.

Zygomatic : Tulang pipi.

Indeks

Biografi Editor

Prof. Dr. Yayuk Rahayuningsih Suhardjono

Sejak 2002 Prof. Yayuk bersama tiga orang peneliti LIPI, Agustinus Suyanto, Ristiyanti M. Marwoto, dan Cahyo Rahmadi menjadi pionir penelitian biospeleologi di Indonesia. Berkat jasanya dalam perkembangan speleologi di Indonesia, tidak mengherankan jika beliau disebut sebagai Ibu Speleologi Indonesia. Prof. Yayuk sering menjadi pemimpin tim ekspedisi biota karst dan gua dalam skala nasional maupun internasional. Pengalaman lapangan yang cukup lama membuatnya tidak hanya mahir dalam metode koleksi kelompok yang ditekuni (Collembola), tetapi juga takson lainnya. Pengetahuan dalam biota karst dan gua membuat ibu satu anak ini sering diminta untuk menjadi narasumber, editor, dan mitra bestari.

Hari Nugroho

Hari Nugroho menyelesaikan gelar sarjana dalam bidang biologi di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2001 dan bergabung sebagai peneliti di LIPI sejak tahun 2005. Pada 2011, Hari melanjutkan Pendidikan doctoral di Ibaraki University, Jepang, melalui program JSPS Ronpaku dan selesai pada 2015. Kepakaran yang ditekuni oleh Hari adalah taksonomi tawon Vespidae dengan keahlian tambah taksonomi cacing tanah. Hari menjadi anggota beberapa organisasi profesi, seperti

International Society of Hymenpterists, Japan Society for Systematic Zoology (JSSZ), Masyarakat Taksonomi Fauna Indonesia (MTFI) dan Masyarakat Zoologi Indonesia (MZI). Hari telah menghasilkan sejumlah publikasi ilmiah di jurnal internasional dan nasional, buku dan buku rampai yang terkait dengan keahliannya. Sejak tahun 2015, Hari aktif di Komite Nasional Program MAB-UNESCO Indonesia-LIPI sebagai Direktur Penelitian dan Pengembangan. Hari juga terlibat dalam berbagai kegiatan ekspedisi ilmiah, seperti Ekspedisi Widya Nusantara LIPI (2007–2008) di Kepulauan Raja Ampat (Waigeo dan Batanta). Pada tahun 2016 Hari menjadi koordinator Ekspedisi Tambrauw di Papua Barat.

Cahyo Rahmadi

Cahyo Rahmadi menyelesaikan gelar sarjana dalam bidang biologi di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2000 dan bergabung sebagai peneliti di LIPI sejak tahun 2003. Pada tahun 2008 melanjutkan studi S-3 di Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University di Jepang dan selesai tahun 2012. Kepakaran yang digeluti saat ini adalah taksonomi kalacemeti, Amblypygi dengan pendekatan biogeografi di Asia Tenggara. Kegiatan penelitian yang sering dilakukan yaitu biologi gua, dan keanekaragaman Arachnida secara umum. Kegiatan ekspedisi yang pernah diikuti seperti Ekspedisi Santo, Vanuatu (2006) yang diorganisir oleh MNHN, Paris Prof Fauna dan IRD, Perancis. Selain itu Ekspedisi WidyaNusantara LIPI (2007–2008) dimotori oleh LIPI di Waigeo dan Batanta juga terlibat selama dua tahun. Ekspedisi Muller LIPI (2004–2005), Ekspedisi Maros Karst LIPI (2005–2008), Ekspedisi Sangkulirang LIPI-TNC (2004). Sedikitnya 30 karya tulis telah diterbitkan. Kegiatan di konservasi karst dan gua juga ditekuni bersama Masyarakat Speleologi Indonesia (Indonesian Speleological Society). Saat ini juga menjadi bagian dari Cave Invertebrate Specialists Group IUCN untuk kelompok arthropoda gua di Indonesia. Beberapa penghargaan pernah diterima salah satunya sebagai Alumni

Muda Berprestasi 2015 dan juga mendapatkan Marsh Award 2017 untuk Terrestrial Conservation Leadership.

Conni Margaretha Sidabalok

Conni memiliki latar belakang S-1 dari Jurusan Biologi Universitas Padjadjaran dan S-2–S-3 dari Jurusan *Marine Biology* (Biologi Kelautan) James Cook University Australia. Conni memulai karier sebagai peneliti di LIPI sejak 2005 dengan kepakaran dalam bidang taksonomi Isopoda dan sudah menghasilkan sejumlah tulisan ilmiah terkait bidangnya di jurnal internasional. Pada tahun 2018, Conni mendapatkan penghargaan sebagai peneliti dengan Penemuan Jenis Baru Terbanyak 2018 di Pusat Penelitian Biologi LIPI.

Daftar Kontributor

Nama	Institusi	Kepakaran	E-mail
Yayuk R. Suhardjono	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Col-lembola	yayukrs@indo.net.id; yayukrahayuningsih50@gmail.com
Hari Nugroho	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Vespidae	hntawon@gmail.com
Cahyo Rahmadi	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Am-blypygi	cahyo.rahmadi@gmail.com; cahyorahmadi@yahoo.com
Conni Margaretha Sidabalok	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Isopoda	sidabalok_conni@yahoo.com
A. B. Rodhial Falah	Acintyacunyata Spe-leological Club	Ekologi Gua	rodhialfalah@gmail.com
Sigit Wiantoro	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Kelelawar	wiantoro@gmail.com
Anang Setiawan Achmadi	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Rodentia	gudelly@gmail.com
Tri Haryoko	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi dan Ekologi Burung	trih007@gmail.com
Awal Riyanto	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Herpe-tologi	awal_lizards@yahoo.com
Renny Kurnia Hadiaty †	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Ikan	—
Nur R. Isnaningsih	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mollusca	ish_naningsih@yahoo.com

Nama	Institusi	Kepakaran	E-mail
Daisy Wowor	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Crustacea	daisy_wowor@yahoo.com
Wara Asfiya	BP2D Pemprov Jawa Barat	Ekologi Serangga	waraasfiya@jabarprov.go.id
Pungki Lupiyaning-dyah	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Capung	pungkilupi@gmail.com
Edy Nasriadi Sambas	Pusat Riset Biologi BRIN	Ekologi Tumbuhan	edynas.sambas@gmail.com
Dian Alfian Nurcahy-anto	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Archaea	dian.nurcahyanto.0@gmail.com
Endah Jayanti	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mamalia Kecil	endahdwijayanti1@gmail.com
Alamsyah Elang Nusa Herlambang	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Herpe-tologi	elangalamsyah@gmail.com
Ristiyanti M. Mar-woto	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mollusca	ristimarwoto@yahoo.com
Nova Mujiono	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mollusca	tundenbeliz@yahoo.com; nova.mzb@gmail.com
Alfiah	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mollusca	alfie_fz@yahoo.co.id
Riena Prihandini	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Mollusca	riena_24@yahoo.com
Arif Nurkanto	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Aktino-misetes	nurkanto.arif@gmail.com
Atit Kanti	Pusat Riset Biologi BRIN	Taksonomi Khamir	atityeast@gmail.com

PEDOMAN INVENTARISASI BIOTA KARST DAN GUA

Studi geologi kawasan karst telah banyak dilakukan di Indonesia, namun studi keanekaragaman hayati yang hidup di dalamnya masih belum banyak dilakukan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia melalui Pusat Penelitian Biologi sejak tahun 2001 merupakan pelopor dalam pengungkapan keanekaragaman hayati karst, dan Buku *Pedoman Inventarisasi Biota Karst & Gua* ini disusun untuk melanjutkan tradisi Pusat Penelitian Biologi sebagai yang terdepan dalam pengungkapan keanekaragaman hayati karst di Indonesia.

Salah satu langkah awal dalam pengungkapan valuasi keanekaragaman hayati karst adalah dengan melakukan inventarisasi keanekaragaman hayati karst (flora, fauna, dan mikrob). Dalam buku ini dijelaskan metode dalam melakukan survei serta inventarisasi keanekaragaman hayati karst dari para ahli biologi yang kompeten dan berpengalaman di bidangnya masing-masing. Metode, alat, dan bahan yang dipakai dibuat sederhana, namun tetap sesuai standar ilmiah yang berlaku sehingga diharapkan mudah untuk dipahami oleh masyarakat umum, mahasiswa, dosen, penggiat konservasi, dan mereka yang tertarik untuk mempelajari keanekaragaman hayati Indonesia.

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI Lt. 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta Selatan 12710
Telp.: (021) 573 3465 | Whatsapp 0812 2228 485
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id | penerbit.lipi.go.id

DOI 10.14203/press.343

eISBN 978-602-496-273-9